This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

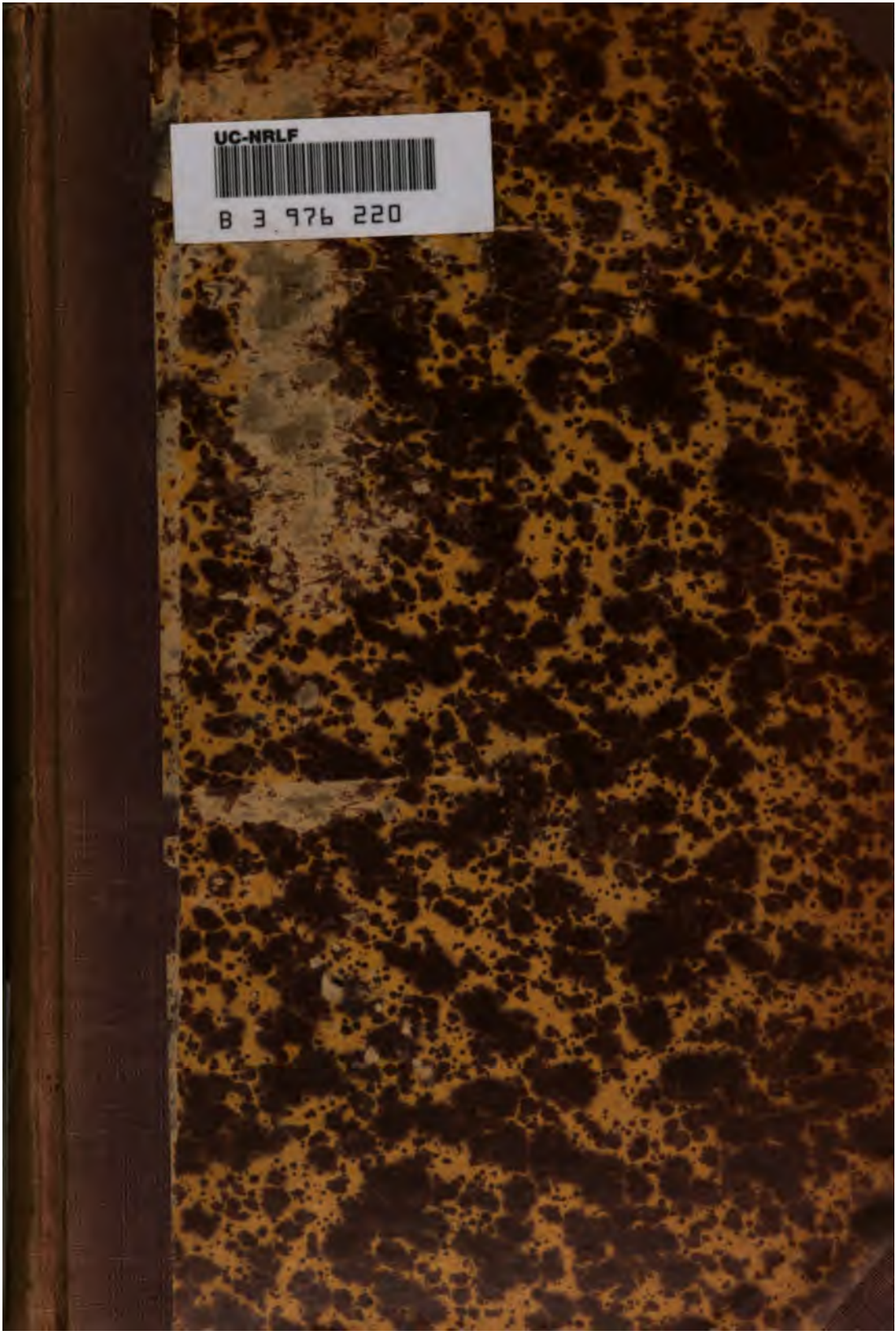
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


UC-NRLF
B 3 976 220

cplt in Titel, Inh Verz, Reg

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Accession 83444 Class

BERKELEY LIBRARY UNIVERSITY OF CALIFORNIA

MATH.-STAT. LIBRARY

MATH.-
STAT.
LIBRARY

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XIII. Jahrgang 1883.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1884.

In Commission bei G. Franz.

QA582
.A456
no.83
MATH-
STAT.
LIBRARY

Uebersicht

des Inhaltes der Sitzungsberichte Bd. XIII Jahrgang 1883.

Die mit * bezeichneten Vorträge sind ohne Auszug.

Oeffentliche Sitzung zur Feier des 124. Stiftungstages der k. Akademie am 28. März 1883.

Seite

v. Voit: Nekrologe auf Franz v. Kobell, Charles Darwin, Friedrich Wöhler, Joseph Decaisne und Franz Pruner-Bey 217

Oeffentliche Sitzung zur Vorfeier des Geburts- und Namensfestes Seiner Majestät des Königs Ludwig II. am 25. Juli 1883.

Neuwahlen 406

Sitzung vom 13. Januar 1883.

F. Kohlrausch: Ueber die Messung localer Variationen der erdmagnetischen Horizontal-Intensität 1

A. Miller: Ueber den Einfluss der durch Dilatation erzeugten Temperaturveränderung auf die Messung der ersteren (mit 1 lithograph. Tafel) 17

L. Matthiessen: Ueber die Form der unendlich dünnen astigmatischen Strahlenbündel und über die Kummer'schen Modelle (mit 1 lithograph. Tafel) 35

*A. Brill: Zur Theorie der geodätischen Linie und des geodätischen Dreiecks 51

*F. Klaussner: Ueber das Rückenmark von Proteus anguineus 51

83444

Sitzung vom 3. Februar 1883.

Seite

H. W. Perkin: Ueber Einwirkung von Trimethylenbromid auf Natracetessigester 52

Fr. Pfaff: Versuche die absolute Härte der Mineralien zu bestimmen 55

A. Vogel: Ueber die Chininreaktion mit Ferrocyankalium . 69

*Fritz Erk: Die Bestimmung wahrer Temperaturtagesmittel unter besonderer Berücksichtigung des Gangs der Temperatur in Süddeutschland 75

C. v. Voit: Ueber den Werth der Weizenkleie für die Ernährung des Menschen. Nach Versuchen von Dr. M. Rubner . 76

Sitzung vom 3. März 1883.

W. Hess: Ueber die Biegung und Drillung eines unendlich dünnen elastischen Stabes 82

C. W. v. Gümbel: Beiträge zur Kenntniss der Texturverhältnisse der Mineralkohlen (mit 3 Tafeln) 111

Sitzung vom 5. Mai 1883.

*v. Braunmühl: Ueber die reducirte Länge eines geodätischen Bogens und die Bildung einer Fläche, deren Normalen eine gegebene Fläche berühren 247

M. v. Pettenkofer: Ueber Vergiftung mit Leuchtgas . . 247

L. Radlkofer: Ueber den systematischen Werth der Pollenbeschaffenheit bei den Acanthaceen 256

F. Kohlrausch: Ueber einige Bestimmungsweisen des absoluten Widerstandes einer Kette, welche einen Erdinductor und ein Galvanometer enthält 315

*G. Bauer: Ueber die Hesse'sche Determinante der Hesse'schen Fläche einer Fläche dritter Ordnung 320

G. Bauer: Von den gestaltlichen Verhältnissen der paraboli-schen Curve auf einer Fläche dritter Ordnung . . . 320

Sitzung vom 2. Juni 1883.

Seite

*C. M. v. Bauernfeind: 1. Neue Beobachtungen über die tägliche Periode barometrisch bestimmter Höhen. 2. Ergebnisse aus Beobachtungen der terrestrischen Refraktion (2. Mittheilung) 355

C. v. Voit: Ueber die Vertretungswerthe von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten im Thierkörper (nach Versuchen von Dr. M. Rubner) 355

Sitzung vom 7. Juli 1883.

*C. v. Orff: Ueber die Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels in Bogenhausen 364

Fr. Hessler: Ueber die Materia Medica des ältesten indischen Arztes Tscharaka 364

F. Pfaff: Untersuchungen über die absolute Härte des Kalkspathes und Gypses und das Wesen der Härte (mit 3 Tafeln) 372

*L. v. Ammon: Ueber fossile Medusen aus dem lithographischen Schiefer 400

C. v. Voit: Ueber die Bedeutung des Asparagins als Nahrungsstoff 401

*Ad. Baeyer: Ueber die Constitution des Indigo's 405

Sitzung vom 3. November 1883.

E. Lommel: Spectroskop mit phosphorescirendem Ocular; Beobachtungen über Phosphorescenz 408

A. Brill: Bestimmung der optischen Wellenfläche aus einem ebenen Centralschnitte derselben 423

Sitzung vom 1. Dezember 1883.

K. Haushofer: Beiträge zur mikroskopischen Analyse (mit einer lith. Tafel) 436

M. v. Pettenkofer: Einwirkung der schwefligen Säure (SO_2) in der Athemluft auf den thierischen Organismus . . 449

W. v. Bezold: Versuche über die Brechung von Strom- und Kraftlinien an der Grenze verschiedener Mittel . . . 456

C. Kupffer: Ueber den „Axencylinder" markhaltiger Nervenfasern (mit einer Tafel) 466

Einsendungen von Druckschriften . . . . . 344. 476.

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1883. Heft I.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1883.

In Commission bei G. Franz.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 13. Januar 1883.

Herr W. von Beetz legte vor und besprach eine Abhandlung des correspondirenden Mitgliedes, Herrn F. Kohlrausch:

„Ueber die Messung localer Variationen der erdmagnetischen Horizontal-Intensität."

Während zeitliche Aenderungen der horizontalen Componente des Erdmagnetismus, wenigstens über kürzere Zeiträume, mit fast beliebiger Schärfe gemessen werden können, fehlt es bis jetzt an einem entsprechenden Messungsmittel für die örtlichen Veränderungen. Für den Physiker macht sich dieser Mangel besonders bei der horizontalen Intensität fühlbar.

Schwingungsbeobachtungen. Man kann freilich das alte Mittel anwenden, an den zu vergleichenden Puncten dieselbe Magnetnadel schwingen zu lassen. Aber diese Messung dehnt sich, wenn sie genau sein soll, über eine längere Zeit aus, welcher Umstand hier nicht nur um seiner selbst willen lästig ist, sondern ja auch deswegen schädlich wirkt, weil die zeitlichen Variationen sich mit den örtlichen mischen

und daher entweder zu Ungenauigkeiten oder zu Verwicklungen führen. An zwei hinreichend weit von einander abstehenden Puncten wird ohne Zweifel die gleichzeitige Beobachtung zweier schwingender Nadeln, welche man nachher auswechselt, am zweckmässigsten sein. Stören die Nadeln sich gegenseitig, so mag eine Controlnadel an einem dritten Orte beobachtet werden, oder man beobachtet während der Schwingungen ein Intensitätsvariometer in gleichen kurzen Intervallen und leitet hieraus die Schwankungen der Intensität für die Beobachtungszeiten ab.

Ausführbar ist die Aufgabe so ohne Zweifel, allein nur mit ziemlich grossem Aufwande. Soll der zulässige Fehler $^1/_{2000}$ des Ganzen betragen, so muss das Schwingungsdauer-Verhältnis auf $^1/_{4000}$ genau bekannt sein. Bis man dies mit Sicherheit aussagen kann, dürfte einschliesslich des Umhängens und Beruhigens mindestens eine Stunde verstreichen. Auch die Feststellung der Temperaturverhältnisse verlangt bei den grösseren Nadeln, welche für die Schwingungen gebraucht werden, beträchtliche Sorgfalt.

Ablenkungsbeobachtungen. Wie man mit einfacheren Mitteln in kürzerer Zeit, aber freilich auch mit geringeren Ansprüchen an die Genauigkeit zwei Orte auf ihre Horizontalintensität vergleicht, ist bekannt. Man braucht ja nur die Ablenkungswinkel zu messen, welche eine Bussole an den beiden Orten durch einen oder mehrere in bestimmter Lage zu ihr aufgestellte Magnete erfährt. Ich habe bei der Beschreibung des „compensirten Magnetometers“ [1]) darauf hingewiesen, dass dieses Instrument innerhalb des Betrages der Intensitätsschwankungen (also bis zu einem Fehler von höchstens $^1/_2$ Procent) zu solchen Vergleichungen geeignet ist. [2])

1) Poggendorff Annalen CXLII. 547. 1871.

2) Einwände, welche H. Hellmann gegen diese Behauptung erhoben hat, sind von H. Strouhal wie ich glaube in bindender Weise zurückgewiesen worden. Carl Repert. XVII. 345.

Durch die Anwendung einer grösseren Bussole kann diese Genauigkeit gesteigert werden, allein die letztere auf $^1/_{1000}$ zu bringen, dürfte mit einer Nadel auf einer Spitze kaum ausführbar sein.

Es ist jedoch in der That möglich, durch Ablenkungen eine noch beträchtlich grössere Genauigkeit zu erzielen. Jedenfalls muss man die Nadel dann aufhängen und eine feine Winkelmessung anwenden. Nun lässt sich aber die Gauss-Poggendorffsche Winkelmessung in ihrer gewöhnlichen Form nur auf kleinere Winkel anwenden und würde alsdann nicht viel nützen, da hier die relativen Unterschiede der Winkel in Betracht kommen. Um grössere Ablenkungen der Nadel mit Spiegel und Scale vergleichen zu können, würde man z. B. mit der Drehungsaxe der Nadel zwei gegen einander geneigte Spiegel verbinden.

Localvariometer für feine Messungen.

Am einfachsten und mit allen Vorteilen feiner Winkelmessung kommt man folgendermassen zum Ziele. Man gibt der Nadel zwei um 180° verschiedene Spiegel, was am leichtesten durch einen beiderseitig polirten magnetisirten Stahlspiegel erreicht wird, und legt die ablenkenden Magnete so um, dass die Nadel sich dabei um nahe 180° dreht. Die kleinen Abweichungen von 180°, welche dann je nach der Stärke des Erdmagnetismus verschieden gross sein werden, lassen sich mit Fernrohr und Scale messen.

Um dies zu erreichen, habe ich mich des kürzlich beschriebenen „Intensitätsvariometers mit vier Ablenkungsstäben“ [1]) bedient, welches nur einer unbedeutenden Ergänzung zu dem vorliegenden Zwecke bedarf. Da das Instrument alsdann als gewöhnliches Magnetometer, als Instrument für die zeitlichen und für die örtlichen Variationen

1) Wiedemann Annalen XV. 545. 1882.

der Horizontalintensität gebraucht werden kann, so verdient es den Namen Universal-Magnetometer.[1])

Als Local-Variometer gebraucht man das Instrument in folgender Weise. Man stellt dasselbe an dem einen Vergleichsorte mit nordsüdlich gerichteter Dämpferaxe auf, orientirt mit den Fussschrauben und mit der Fadensuspensionsschraube die Nadel in die Mitte des Dämpfers und sucht diejenige Stellung des drehbaren Rahmens, welcher die Ablenkungsstäbe trägt, in der die Nadel senkrecht zum magnetischen Meridiane steht, z. B. mit dem Nordpol nach Osten. Den Meridian liefert hierbei hinreichend genau eine gewöhnliche nicht zu kurze Magnetnadel, deren Richtung die Verbindungslinie vom Aufstellungsorte nach dem Fernrohr gibt. Ueber ein anderes sehr einfaches Verfahren der Meridianbestimmung mit dem Instrumente selbst vergleiche weiter unten. Eine Genauigkeit von $^1/_2$ Grad genügt für alle Zwecke.

Diese Stellung des Rahmens wird durch einen an dem festen Kreis befindlichen und einen an den Rahmen selbst anzuschraubenden Anschlag fixirt. Man dreht nun den Rahmen von diesem Anschlage auf die andere Seite, bis die zweite spiegelnde Fläche der Nadel nahe die gleiche Einstellung des Scalenbildes ergibt, d. h. bis der Nordpol der Nadel sich nach Westen gerichtet hat. Diese zweite Stellung des Rahmens wird durch einen zweiten Anschlag fixirt. Zwischen den beiden Anschlägen kann nun der Rahmen mit seinen Ablenkungsstäben hin und her gedreht werden und

1) Schraubt man den einen Arm des Rahmens ab, stellt den letzteren selbst symmetrisch zum Dämpfer und orientirt die Dämpferaxe ostwestlich, so kann man auch das magnetische Moment sehr kleiner Stäbe mittels der Teilungen auf den beiden jetzt ostwestlich gerichteten Arme durch Ablenkungen bestimmen, was mit einem Massstabe aus freier Hand nicht leicht ist, da kleine Entfernungen von der Nadel nicht sicher bestimmt werden können.

liefert, so lange die Horizontalintensität dieselbe ist, an einer gleich weit entfernten Ablesescale immer denselben kleinen Unterschied der Nadeleinstellungen.

Zugleich kann auf der Kreisteilung des Variometers der constante Drehungswinkel 2φ des Rahmens bis auf etwa $0{,}1^0$ abgelesen werden.

Es ist von Vorteil, dass das von den vier Magneten gelieferte magnetische Feld in der Nachbarschaft ihres Mittelpunctes sehr constant ist, so dass Verschiebungen der Nadel um einige Zehntel Millimeter gestattet sind. Um grössere Abweichungen bei der Aufstellung des Variometers an verschiedenen Orten zu verhüten, dient eine mit dem Instrument verbundene Dosenlibelle.

Das ganze Verfahren ist nun das folgende. An dem einen Vergleichungsorte stellt man das Instrument in der vorhin angegebenen Weise auf, während der Rahmen an dem einen Anschlage liegt. An einem Fernrohr mit Scale wird die Nadel-Einstellung abgelesen. Dann dreht man bis zu dem anderen Anschlage und liest wiederum die Einstellung ab. Der Unterschied beider Einstellungen betrage n Scalenteile und zwar so gezählt, dass man diejenige Einstellung als Minuendus nimmt, bei welcher einer Vermehrung der Intensität eine Zunahme der Scaleneinstellung entspricht. Bei der gewöhnlichen Anordnung ist dies diejenige Stellung, bei welcher der Nordpol der Nadel nach Westen zeigt.

Ganz dieselbe Operation wird nun an dem zweiten Vergleichsorte ausgeführt und es werde hierbei ein ebenso gezählter Unterschied von n′ Scalenteilen zwischen beiden Einstellungen gefunden.

Ist 2φ der Drehungswinkel des Rahmens, A der Scalenabstand bei beiden Beobachtungen, so berechnet sich das Intensitätsverhältnis an beiden Orten

$$\frac{H'}{H} = 1 + \frac{tg\varphi}{4A}(n' - n)$$

oder
$$\frac{H' - H}{H} = \frac{tg\varphi}{4A}(n' - n). \qquad \text{I.}$$

Sollten die Scalenabstände nicht gleich sein, sondern am einen Orte A, am anderen A′ betragen haben, so wäre

$$\frac{H' - H}{H} = \frac{tg\varphi}{4}\left(\frac{n'}{A'} - \frac{n}{A}\right).$$

Theorie des Localvariometers.

Es ist notwendig, die Ansprüche an die Genauigkeit der Orientirung kennen zu lernen, deswegen nehmen wir auf einen Fehler in der Aufstellung Rücksicht.

Es sei I die Intensität des magnetischen Feldes, welches die vier Ablenkungsstäbe allein in ihrem Mittelpunkte erzeugen würden. Die Richtung von I bilde mit der Südrichtung des magnetischen Meridians den Winkel $\varphi + \delta$, wo also δ den Orientirungsfehler vorstellt. H sei die erdmagnetische Componente. Durch das Zusammenwirken von I und H erhalte die Nadel eine Stellung, welche wir durch den (kleinen) Winkel ς definiren, welchen die Nordrichtung der Nadel mit der Ostwestrichtung bildet. ς sei nach Norden positiv gezählt. Dann ist offenbar

$$\frac{H}{I} = \frac{\cos(\varphi + \delta - \varsigma)}{\cos\varsigma}.$$

Indem wir nach δ und ς in Reihen entwickeln und höhere Glieder als die quadratischen vernachlässigen, erhalten wir hierfür

$$\frac{H}{I} = \cos\varphi\left[1 + (\varsigma - \delta)\,tg\varphi + \delta\varsigma - \frac{\delta^2}{2}\right]. \qquad 1.$$

Nun werde der Rahmen um 2φ gedreht, so dass die Richtung von I jetzt mit dem Meridian auf der entgegengesetzten Seite den Winkel $\varphi - \delta$ bildet. Die Nadel stelle sich auf den wie oben definirten Winkel ς_1 ein, wobei sie also eine Drehung um $\pi + \varsigma + \varsigma_1$ ausführt. Dann ist wie oben

$$\frac{H}{I} = \cos\varphi \left[1 + (\varsigma_1 + \delta)\ \mathrm{tg}\varphi - \delta\varsigma_1 - \frac{\delta^2}{2}\right]. \qquad 2.$$

Die Addition von 1 und 2 liefert

$$\frac{H}{I} = \cos\varphi \left[1 + \frac{\varsigma + \varsigma_1}{2}\ \mathrm{tg}\varphi + \frac{\varsigma - \varsigma_1}{2}\,\delta - \frac{\delta^2}{2}\right]. \qquad 3.$$

Wegen der Gleichheit der Ausdrücke 1 und 2 hat man offenbar auch

$$(\varsigma - \varsigma_1)\ \mathrm{tg}\varphi + \delta\,(\varsigma + \varsigma_1) = 2\delta\ \mathrm{tg}\varphi$$

und, da δ, ς und ς_1 klein sind, auch nahe

$$\varsigma - \varsigma_1 = 2\,\delta.$$

Setzt man diesen Wert in 3 ein, so kann man schreiben

$$\frac{H}{I} = \cos\varphi \left[1 + \frac{\varsigma + \varsigma_1}{2}\ \mathrm{tg}\varphi + \frac{\delta^2}{2}\right].$$

Solange also $\frac{1}{2}\delta^2$ zu vernachlässigen ist ($\delta = 0{,}01$ oder 0,6 Grad gibt $\frac{1}{2}\delta^2 = {}^1/_{20000}$), so hat man

$$\frac{H}{I} = \cos\varphi \left(1 + \frac{\varsigma + \varsigma_1}{2}\ \mathrm{tg}\varphi\right) = \cos\varphi \left(1 + \frac{n}{4A}\ \mathrm{tg}\varphi\right). \qquad 4.$$

A bedeutet den Scalenabstand und $\frac{1}{2}(\varsigma + \varsigma_1)$ ist so klein vorausgesetzt, dass man die beobachteten Einstellungsdifferenzen dem Winkel proportional annehmen kann.

Eine ebensolche Beobachtungsreihe liefere an der anderen Station den Einstellungsunterschied n', also

$$\frac{H'}{I} = \cos\varphi \left(1 + \frac{n'}{4A} \operatorname{tg}\varphi\right) \qquad 5.$$

Die Division von 3 und 4 gibt unter Vernachlässigung höherer Potenzen den obigen Ausdruck

$$\frac{H'}{H} = 1 + \frac{\operatorname{tg}\varphi}{4A}(n' - n).$$

Der Factor von $n'-n$ ist der Wert eines Scalenteils in Bruchteilen des Erdmagnetismus. Der Scalenwert steht also mit $\operatorname{tg}\varphi$ im Verhältnis und lässt sich beliebig reguliren, da φ um so kleiner wird, je grösser man den Abstand der Magnete gewählt hat (vgl. Wied. Annalen XV. 546). $\varphi = 20^0$ und $A = 2500$ mm liefern den Wert des Scalenteils $= 0{,}000036$, also eine Empfindlichkeit, welche alle Bedürfnisse übersteigt. Der zehnte Teil davon ist für die meisten Fälle noch vollkommen ausreichend.

Nimmt man den Scalenabstand gleich $^1/_4$ m, so kann man die Scale fest mit dem Variometer verbinden und hat also ein Instrument, welches sehr bequem transportabel ist.

Man kann noch die Frage stellen, welchen Fehler eine Unsicherheit im Anschlage des Rahmens bewirkt. Die Frage beantwortet sich sehr einfach. Denn wenn man von Correctionen absieht, so lautet die Formel 1

$$H = I(\cos\varphi + \varsigma \sin\varphi).$$

Aendert sich φ um $d\varphi$ und ς hierdurch um $d\varsigma$, so muss sein

$$\cos\varphi + \varsigma \sin\varphi = \cos(\varphi + d\varphi) + (\varsigma + d\varsigma)\sin(\varphi + d\varphi)$$

oder $$0 = (-\sin\varphi + \varsigma\cos\varphi)\, d\varphi + \sin\varphi . d\varsigma.$$

Da ς selbst klein ist, folgt hieraus nahe

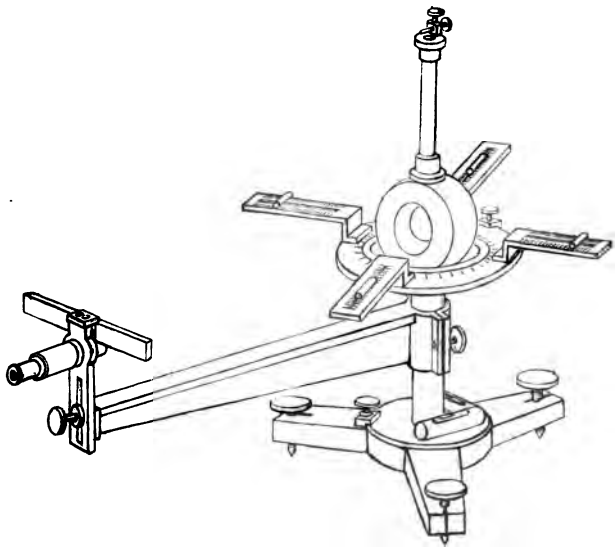
$$d\varsigma = d\varphi. \qquad 6.$$

Ein bei dem Anlegen des Rahmens begangener Fehler bewirkt also einen eben so grossen Fehler in der Einstellung der Nadel. Je empfindlicher das Instrument gestellt ist, desto kleiner wird der Fehler des Resultates.

Nach meinen Erfahrungen kommen diese Fehler gar nicht in Betracht.

Praktische Ausführung.

Die Messungen lassen sich ohne weiteres mit dem in Wied. Annalen Bd. XV S. 545, Taf. VIII Fig. 5 u. 6 beschriebenen Variometer ausführen, wenn dasselbe die erwähnten Anschläge und eine auf einem der Füsse angebrachte (etwa mit Klebwachs befestigte) Dosenlibelle besitzt. Zur Bequemlichkeit habe ich dem Instrument noch folgende Abänderungen gegeben, wodurch dasselbe seinen sonstigen Zwecken durchaus erhalten bleibt.



Behufs der Orientirung zum Meridian ist die Säule in dem Fusse drehbar und wird mittels einer Scheibe geklemmt. Diese Scheibe trägt zwei zu einander senkrechte kleine Wasserwagen. Ferner sitzt an der Säule ein (abnehmbarer) dreh- und klemmbarer Arm als Träger eines kleinen Fernrohres nebst Millimeterscale, welche letztere sich in 250 mm Abstand vor der spiegelnden Magnetnadel befindet, so dass $4A = 1000$ ist. Fernrohr und Scale können verstellt oder auch ganz entfernt werden, falls man mit einer weiter abstehenden Scale beobachten will.

Die Libellen sind corrigirbar und werden so justirt, dass sie einspielen, wenn die Nadel mitten im Dämpfer schwebt. Der Aufhängefaden erhält eine solche Länge, dass die Nadel oben und unten gleich weit vom Dämpfer absteht.

Auch in der neuen Form ist das Variometer von H. Eug. Hartmann in Würzburg ausgeführt worden.

Orientirung zum Meridian. Die richtige Stellung lässt sich in überraschend einfacher Weise ohne eine anderweitige Bussole finden. Man benutzt nämlich die grosse Empfindlichkeit, welche die Einstellung der Nadel unter dem Zusammenwirken des Erdmagnetismus und der etwas grösseren Directionskraft der Magnete zeigt, wenn man die letzteren dem Erdmagnetismus gerade entgegenwirken lässt.[1])

---

1) Es sei δ der Winkel, welchen die Directionskraft I der Magnete mit der magnetischen Südrichtung macht. Dann ist der Winkel γ, unter welchem die Nadel gegen den Meridian zur Ruhe kommt, gegeben durch $I : H = \sin\gamma : \sin(\gamma - \delta)$ oder bei der Kleinheit von δ und γ auch $I : H = \gamma : (\gamma - \delta)$. Hieraus folgt $\gamma : \delta = I : (I - H)$. Wenn also I nur wenig grösser ist als H, so wird ein Fehler δ durch ein weit grösseres γ angezeigt.

Richtung der Kraft I ist die Verbindungslinie der beiden aus erster Hauptlage wirkenden Magnete des Rahmens. Da die Magnete hohl sind, so kann man bequem visiren. Auch wenn die Richtung von I wegen einer nicht ganz richtigen Stellung der Magnete mit

Also, nachdem man das Instrument ungefähr richtig, d. h. die Dämpfer-Axe nordsüdlich aufgestellt, und die Libellen zum Einspielen gebracht hat, stellt man nun den Rahmen derartig, dass die Nadelrichtung mit der Visirlinie über oder durch die der Nadel zugewendeten Magnete zusammenfällt. In dieser Stellung wird die Nadel eine grosse Schwingungsdauer haben und wird auf eine kleine Verstellung des Rahmens durch eine viel grössere eigene Bewegung reagiren. Es wird für die Folge bequem sein, wenn diese Rahmenstellung genau dem Nullpuncte der Kreisteilung entspricht, was man durch Drehung des Instrumentes erreicht.

Nun weiss man, dass in dieser Stellung die Kraftrichtung des Rahmens mit dem Meridian zusammenfällt. Der Winkel φ ist nun nach beiden Seiten gleich gross zu nehmen und zwar so gross, dass das Fernrohr für beide Stellungen des Rahmens nahe denselben Scalenteil anzeigt. Das Ausprobiren dieser Rahmenstellungen lässt sich sehr schnell ausführen, wenn man berücksichtigt, dass in der Nachbarschaft des richtigen φ Nadel- und Rahmen-Drehung gleich gross sind (vgl. S. 8 Formel 6).

Nachdem die Anschläge fixirt sind, beobachtet man den Einstellungsunterschied n für beide Anschlagstellungen.

Ebenso bestimmt man den Unterschied n′ für die andere Station und rechnet dann nach der Formel I S. 6.

Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, dass die

---

der Richtung der Visirlinie nicht ganz genau zusammenfiele, so würde nur ein geringer Fehler entstehen. Zur Controle braucht man übrigens nur den Rahmen um 180° zu drehen, so dass H und I jetzt beide nach Norden wirken um zu sehen, ob die Nadel sich nun wieder in die Visirlinie einstellt.

Diese Bemerkungen und die im Text gegebene Orientirungs-Methode beziehen sich natürlich auch auf den Gebrauch des Instrumentes als Zeit-Variometer.

einmalige Fixirung der Anschläge auch für die Folge so lange genügt, als nicht die Ablenkungsmagnete oder der Erdmagnetismus sich wesentlich ändern.

Ueber einige Vorsichtsmassregeln siehe den folgenden Abschnitt.

Temperatur-Einfluss.

Die Directionskraft I der Magnete ändert sich mit der Temperatur, wegen der Abnahme des Stabmagnetismus mit der Wärme und zum kleineren Teil auch wegen der Ausdehnung des Rahmens. Beide Einflüsse getrennt zu bestimmen würde umständlich und zwecklos sein. Wir fassen dieselben zusammen, indem wir annehmen, dass, wenn I der Temperatur t entspricht, für t′ gelte

$$I' = I[1 + \mu(t - t')].$$

Vorausgesetzt zuerst, dass μ bekannt sei, so wird, wenn t die Beobachtungstemperatur für die eine, t′ für die andere Station war (S. 8, Gl. 5),

$$\frac{H}{I} = \cos\varphi\left(1 + \frac{\operatorname{tg}\varphi}{4A}\,n\right)$$

$$\frac{H'}{I[1 + \mu(t - t')]} = \cos\varphi\left(1 + \frac{\operatorname{tg}\varphi}{4A}\,n'\right),$$

woraus

$$\frac{H' - H}{H} = (n' - n)\frac{\operatorname{tg}\varphi}{4A} + \mu(t - t'). \qquad \text{II.}$$

Ohne Zweifel liegt die Hauptschwierigkeit bei den Vergleichungen in den Temperaturschwankungen[1]), welche deswegen sorgfältig berücksichtigt werden müssen. Es ist z. B. durchaus anzuraten, dass die mit dem Instrument beschäftigte

1) Vgl. Wild, Mélanges de St. Petersb. 1873. 791.

Hand mit einem Handschuh bekleidet sei. Hand und Körper sollen nicht länger als durchaus nothwendig in der Nähe des Instrumentes bleiben. Nach den ersten, längere Zeit beanspruchenden Orientirungen muss mit der entscheidenden Beobachtung hinreichend lange gewartet werden.

Vergleicht man innerhalb eines Raumes von derselben Temperatur, so ist ein rasches Verfahren das beste Mittel gegen diese Fehler. Also ist es gut, die beiden Plätze, an denen man beobachten will, so vorzubereiten, dass man nach dem Hinsetzen des Variometers nur die Libellen einzustellen hat. Man klebt also bei einer vorläufigen Orientirung an beiden Orten Untersätze für die Fussschrauben mit etwas Wachs in solchen Stellungen fest, dass die richtige Stellung zum Meridian ohne Drehung des Instruments durch die Fussplatten gegeben ist. Nun kann man das Instrument rasch zwischen den beiden Orten auswechseln, nötigenfalls mehrmals, und jedesmal die Einstellungsunterschiede n durch einige Drehungen des Rahmens beobachten. Die einzelne Aufstellung sammt Beobachtungssatz wird in 5 bis 7 Minuten geschehen sein.

Haben die Vergleichspuncte verschiedene Temperatur, so stellt man neben die Magnete ein Thermometer und wartet nach der Aufstellung des Instrumentes, bis dasselbe die Temperatur der Umgebung hinreichend angenommen hat, wozu im allgemeinen 10 bis 15 Minuten notwendig sein werden. 1^0 Temperaturfehler macht bei meinem Instrumente das Resultat um etwa 0,1 Procent fehlerhaft.

Bestimmung des Temperaturcoefficienten μ. Zu diesem Zwecke braucht man die Messung von n nur an demselben Orte bei zwei verschiedenen Temperaturen t_1 und t_2 auszuführen, also etwa im Winter im geheizten und ungeheizten Zimmer. Allerdings wird diese Bestimmung einige Stunden in Anspruch nehmen, weswegen auf die zeit-

lichen Variationen der erdmagnetischen Intensität Rücksicht zu nehmen ist.

Verfügt man nun nicht über ein zweites Variometer, so lässt ein solches sich leicht improvisiren. Man nimmt nämlich ein beliebiges kleines Magnetometer (etwa die Nadel eines Spiegelgalvanometers) und lenkt die Nadel durch einen fest genäherten Magnet (etwa den Astasirungsmagnet des Galvanometers) um 90° ab. Dann zeigt die Nadel ja die Intensitätsvariationen an. Der Wert des Scalenteils in Bruchteilen der Intensität kann durch eine Vergleichung des Ganges beider Instrumente oder auch aus der Fernwirkung eines bekannten Magnets[1]) hinreichend genau ermittelt werden. Selbstverständlich wird das Hilfsinstrument in einem Raume von constanter Temperatur aufgestellt.

Es mögen nun gleichzeitig stattfinden die Intensität H_1 und die Temperatur t_1 sowie der Einstellungsunterschied n_1 des Localvariometers; für eine andere Beobachtung mögen H_2, t_2, n_2 gelten. Dann ist der Temperaturcoefficient

$$\mu = \frac{1}{t_1 - t_2}\left[(n_1 - n_2)\frac{\operatorname{tg}\varphi}{4A} + \frac{H_2 - H_1}{H_1}\right]. \qquad \text{III.}$$

$(H_2 - H_1)\ H_1$ liefert das Hilfsvariometer.

Beobachtungsbelege.

Im eisenfreien Observatorium des Physikalischen Instituts zu Würzburg wurde die Intensität im Mittelpunct mit derjenigen eines bestimmten Punctes nahe an der Backsteinwand verglichen. Die Beobachtungsplätze waren in der vorhin angegebenen Weise vorbereitet. Zwischen zwei Beobachtungen verstrichen durchschnittlich 6 Minuten. Die

1) Vgl. Kohlrausch, Wiedemann Annalen XV. 538, 1882, oder K. Leitfaden d. prakt. Phys. 4. Aufl. S. 171.

kleinen Aenderungen des Thermometers und eines Bifilarvariometers sind in den angegebenen n schon berücksichtigt, was jedoch bei dem gleichmässigen Gang die Resultate kaum beeinflusst.

Es war $\varphi = 35,^{0}3$ A = 2000 mm, also $\frac{\mathrm{tg}\,\varphi}{4\,\mathrm{A}} = 0{,}000089$.

Man fand

			Mittel	
Oct. 7	n = 46,7 51,0	mm	48,8	$\frac{H'}{H} = 1{,}00030$
	n′ = 52,2	„	52,2	
Oct. 8	n = 32,1 33,6 33,3	„	33,0	1,00028
	n′ = 35,3 37,0	„	36,1	
Oct. 9	n = 29,3 30,9	„	30,1	1,00017
	n′ = 32,0	„	32,0	

Die Uebereinstimmung geht auf etwa $^{1}/_{8000}$ und bewährte sich auch bei anderen Vergleichungen in ähnlicher Weise. Selbst wenn die Abweichungen zwei oder dreimal grösser wären, würde man das Ergebnis als ein sehr befriedigendes bezeichnen müssen, wenn man die bisherigen Schwierigkeiten solcher Vergleichungen in Betracht zieht.

Der Temperaturcoefficient wurde im kalten und geheizten Zimmer bestimmt, wobei H. Strecker die gleichzeitige Beobachtung eines Bifilarvariometers ausführte. Zwischen beiden Beobachtungssätzen lag ein Zeitraum von etwa 2 Stunden. Der halbe Drehungswinkel φ betrug $20,^{0}0$, der Scalenabstand A 2600 mm, woraus $\frac{\mathrm{tg}\,\varphi}{4\,\mathrm{A}} = 0{,}0000350$, welche Empfindlichkeit freilich überflüssig gross war. Man fand

$t_1 = 20,^{0}5 \quad n_1 = -86{,}1$

$t_2 = 12,^{0}2 \quad n_2 = -275{,}3$

$\frac{H_2 - H_1}{H_1} = +0{,}00162$

Hieraus berechnet sich

$$\mu = \frac{0{,}00662 + 0{,}00162}{8{,}3} = 0{,}00099.$$

Ein Paar von Beobachtungen mit steigender Temperatur hatte $\mu = 0{,}00094$ ergeben.

Mit Rücksicht darauf, dass der Temperaturunterschied nur 8^0 betrug, ist auch dieses Resultat als ein sehr gutes zu bezeichnen.

Zu Dr. A. Miller's Untersuchung.

Fig. 2.

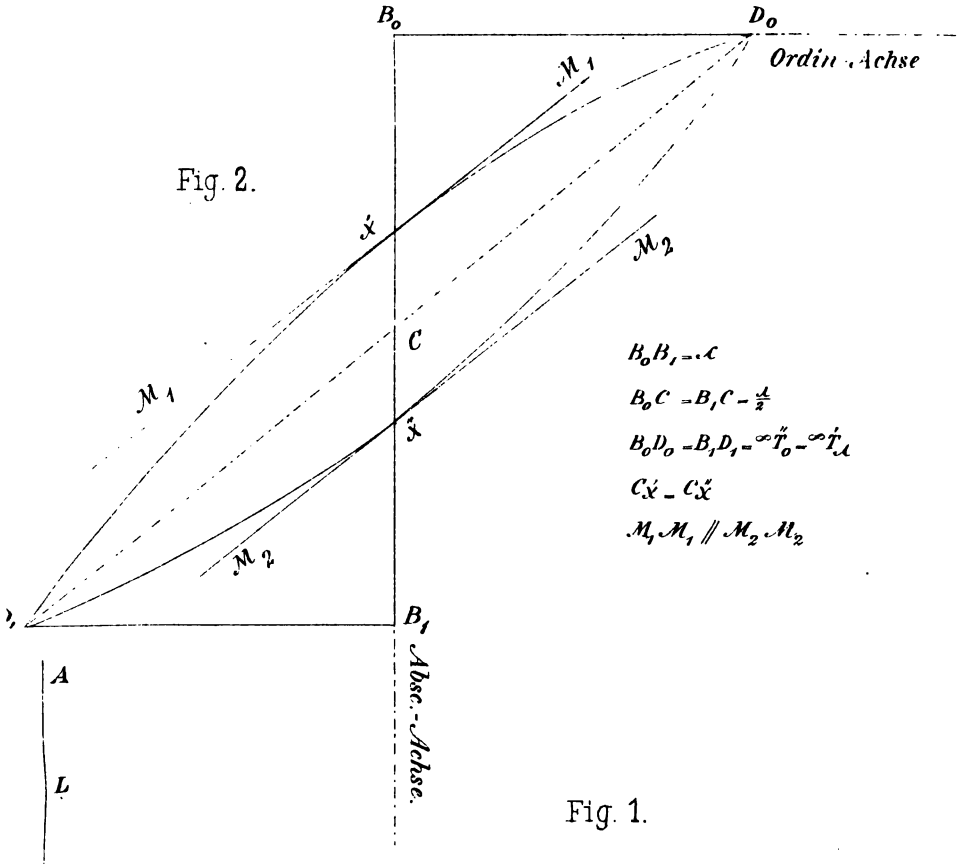
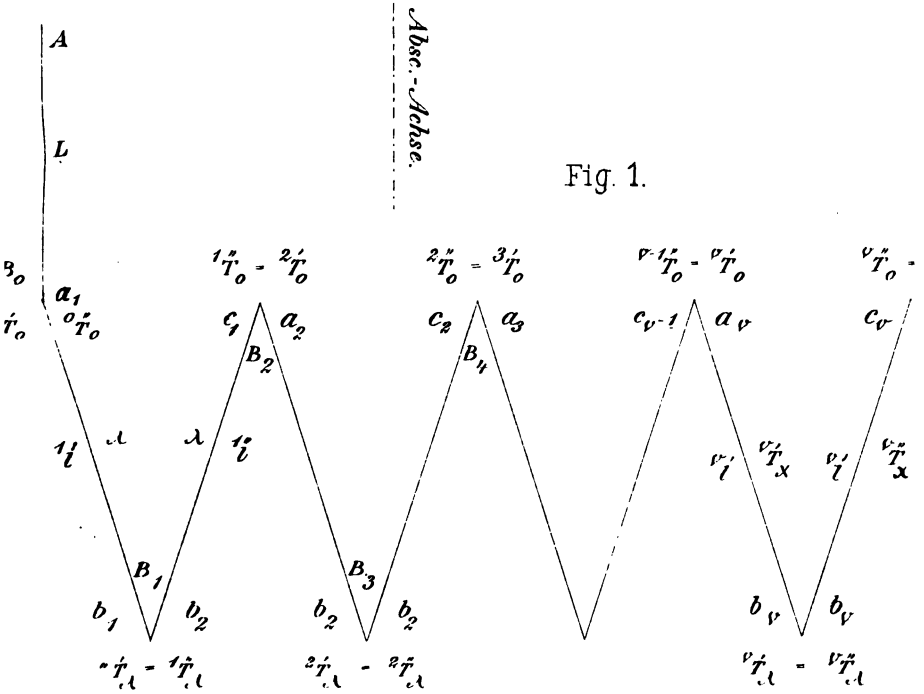
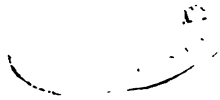


Fig. 1.





Herr W. von Beetz legte eine Untersuchung vor:

„Ueber den Einfluss der durch Dilatation erzeugten Temperaturveränderung auf die Messung der ersteren.“ Von Dr. A. Miller.

(Mit einer Tafel.)

§ 1. Ziel der Untersuchung.

In den Verlängerungen und Verkürzungen, welche man mit Drähten behufs Bestimmung des longitudinalen Elastizitätsmoduls (E) vornimmt, ist sowohl die eigentliche, von der Zeit unabhängige elastische Dehnung (e. D.), als auch die während der Zeit des An- oder Abspannens entstandene elastische Nachwirkung (e. N.) enthalten. Um wenigstens in erster Annäherung die elastische Dehnung allein zu messen, ist man veranlasst, die Ablesung der Verlängerungen und Verkürzungen sofort vorzunehmen, sobald eine Belastung allmählich ihren höchsten Wert P oder den niedersten o erlangt hat, ohne abzuwarten, bis der Körper seine ursprüngliche Temperatur, — die der Umgebung — welche nach den Versuchen von Edlund[1]) durch Dilatation verändert wird, wieder angenommen hat. Dadurch kann selbst bei konstanter Temperatur der Umgebung des gedehnten Körpers an der Ablesung eine Korrektur notwendig werden, insoferne die Absicht besteht, die bloss von der Elastizität des Körpers

1) Edlund, Poggendorffs Annalen Bd. 114.

herrührende Dehnung zu messen. Die Kenntnis dieses Einflusses der Temperatur auf die Messung der Verlängerungen und Verkürzungen, welche infolge von Be- oder Entlastung entstehen, kann besonders dann von ziemlicher Wichtigkeit sein, wenn dieses Be- und Entlasten mehrmals unmittelbar hintereinander geschieht, wie dies in der Arbeit[1]): „Untersuchung über den Einfluss der Temperatur auf Aeusserungen von Molekularkräften" der Fall ist. Auf die ersten §§ dieser Abhandlung nimmt gegenwärtige Untersuchung zunächst Bezug.

Der Körper besitzt, da er während der Dehnung und Zusammenziehung nicht nur selbst seine Temperatur ändert, sondern auch noch Wärme aus der Umgebung empfängt oder an dieselbe abgibt, bei gleichen Dilatationen nicht dieselbe Temperatur, wie dies etwa geschehen würde, wenn man sich vorstellt, die Umgebung befände sich jederzeit mit dem Körper in gleichem Temperaturzustande. Es ist vielmehr zu vermuten, dass die mittlere Temperatur des Drahtes fort und fort steigt, wenn das Ausdehnen und Zusammenziehen sich unmittelbar folgt und fortgesetzt wird, um sich einer Grenze zu nähern. Der Draht erscheint gleichsam wie ein Wärmesauger aus der Umgebung und die Ablesungen geschehen bei verschiedenen Temperaturen.

Das Ziel vorliegender Abhandlung besteht nun darin, den erwähnten Einfluss auf die Messung der durch Be- und Entlastung eines Drahtes entstehenden Verlängerungen und Verkürzungen gesetzmässig zu bestimmen, woraus sich von selbst die Notwendigkeit ergibt, einen math. Ausdruck für den Verlauf des Temperaturzustandes des Drahtes zu ermitteln. Da bei dem hier in Betracht kommenden Verfahren, die elast. Nachwirkung nicht unmittelbar gemessen werden kann,

---

1) A. Miller, Sitzungsberichte der math.-phys. Classe d. k. bayer. Akademie der Wissenschaften 1882. Heft 4.

so muss die Messung der elast. Dehnung auf diese Art als eine erste Annäherung betrachtet werden und es frägt sich, ob durch die einfache Vernachlässigung des in Rede stehenden Temperatureinflusses der Fehler vermehrt oder vermindert wird.

§ 2. Die Korrektur der Messung.

Es stelle in Fig. 1 die Strecke $AB_0 = L$ die Länge des zu untersuchenden, unbelasteten Drahtes vor. Durch succ. Anwachsen einer Belastung von o auf die Grösse P rückt der Endpunkt B_0 nach B_1; nimmt P wieder bis o ab, so kommt der Endpunkt B_0 etwa nach B_2, infolge sofortiger Belastung nach B_3, durch die unmittelbar darauffolgende Entlastung nach B_4, dann nach B_5, B_6 u. s. f. In der Fig. 1 sind diese Strecken der leichteren Uebersicht halber nicht auf-, sondern nebeneinander gelegt. Der in B_0 abgelesene Skalenteil sei a_1, der in B_1 abgelesene b_1 und der in B_2 sei c_1; desgleichen seien bei der ν. Be- und Entlastung die entsprechenden Zahlen a_ν, b_ν und c_ν. Die wirkliche Temperatur des Drahtes, wenn die jeweils durch Belastung entstandene oder infolge Entlastung noch bestehende Verlängerung x beträgt, sei ${}^{\nu}\dot{T}_x$ bei der ν. Verlängerung, ${}^{\nu}\ddot{T}_x$ bei der ν. Verkürzung. Daraus ergeben sich für den Grenzwert der Verlängerung und Verkürzung die ihnen entsprechenden Temperaturbezeichnungen ${}^{\nu}\dot{T}_\lambda$ und ${}^{\nu}\ddot{T}_\lambda$, sowie ${}^{\nu}\dot{T}_0$ und ${}^{\nu}\ddot{T}_0$, deren Bedeutung und Beziehung aus Fig. 1 am leichtesten überblickt werden können.

Bei der allmählichen Belastung und Entlastung wird ein Teil der Verlängerung bezw. Verkürzung unabhängig von der Zeit entstehen. Es wurde dieser Teil in der bereits näher bezeichneten Abhandlung „elastische Dehnung“ (e. D.) genannt. Die Grösse desselben sei der Temperatur ${}^{0}\dot{T}_0$ der Umgebung entsprechend in beiden Fällen λ. Ausserdem ist anzunehmen, dass eine „elastische Nachwirkung“ (e. N.) von

der Länge $^{\nu}\acute{l}$ bei der ν. Anspannung, von der Länge $^{\nu}\grave{l}$ bei der ν. Abspannung entsteht. Ob diese beiden Werte gleiches oder entgegengesetztes Vorzeichen haben, soll dahin gestellt bleiben. Der Faktor γ hängt von der Einrichtung der Messungsvorrichtung — Spiegelablesung — ab und dient, den Wert des betreffenden Gliedes in Skalenteilen auszudrücken. $\acute{\alpha}_t$ und $\acute{\alpha}''_t$ sind die linearen, thermischen Koëffizienten des Drahtes bei der Temperatur t; sie sind nach den Untersuchungen von Dahlander[1]) verschieden bei gespanntem und ungespanntem Zustande des Drahtes. Endlich sei noch erinnert, dass wie aus Fig. 1 leicht zu übersehen, stets $^{\nu}\acute{T}_0 = {}^{\nu-1}\grave{T}_0$ und $^{\nu}\acute{T}_\lambda = {}^{\nu}\grave{T}_\lambda$ ist.

Unter diesen Voraussetzungen hat man für die ν. Verlängerung die Gleichung:

$$b_\nu - a_\nu = \lambda + {}^{\nu}\acute{l} + \gamma L \acute{\alpha}_t ({}^{\nu}\acute{T}_\lambda - {}^{\nu}\acute{T}_0); \qquad 1)$$

für die ν. Verkürzung:

$$c_\nu - b_\nu = -\lambda + {}^{\nu}\grave{l} + \gamma L \acute{\alpha}''_t ({}^{\nu}\grave{T}_0 - {}^{\nu}\grave{T}_\lambda). \qquad 2)$$

Aus Gleichung 2) und 3) ergibt sich:

$$c_\nu - a_\nu = ({}^{\nu}\acute{l} + {}^{\nu}\grave{l}) + \gamma L \left\{\acute{\alpha}_t ({}^{\nu}\acute{T}_\lambda - {}^{\nu}\acute{T}_0) + \grave{\alpha}_t ({}^{\nu}\grave{T}_0 - {}^{\nu}\grave{T}_\lambda)\right\}. \quad 3)$$

Nun handelt es sich, den Verlauf der Temperatur des Drahtes während des An- und Abspannens, also die Funktionen $^{\nu}\acute{T}_x$ und $^{\nu}\grave{T}_x$ zu ermitteln.

§ 3. Verlauf der Temperatur des gedehnten Drahtes.

Der Draht wird vor der ersten Spannung die Temperatur $^{1}\acute{T}_0$ haben, welche gleich jener der Umgebung ist. Erfährt derselbe zum ν. mal die Verlängerung x, so ist seine Temperatur $^{\nu}\acute{T}_x$ und bei der ν. Verkürzung um y ist sie $^{\nu}\grave{T}_y$. Der gedehnte Körper erleidet bei einer Verlängerungszunahme

1) Dahlander, Poggendorffs Annalen. Bd. 145.

dx oder Verkürzungszunahme dy nach den schon erwähnten Versuchen von Edlund eine Temperaturänderung dt_0 und eine weitere $d\tau$ durch Wärmeaufnahme oder Abgabe aus bez. an die Umgebung, so dass

$$d({}^{\nu}\dot{T}_x - {}^{1}\dot{T}_0) = dt_0 + d\tau \qquad 4)$$ für die Verlängerung,

$$d({}^{\nu}\ddot{T}_y - {}^{1}\dot{T}_0) = dt_0 + d\tau \qquad 5)$$ für die Verkürzung,

gesetzt werden kann. Nun ist $t_0 = \pm kx$, also $dt_0 = \pm k\,dx$, worin k eine Konstante bedeutet. Für die hier herrschenden kleinen Differenzen kann das Newton'sche Abkühlungsgesetz in Anwendung kommen, somit $d\tau = -h\tau\,dz$ genommen werden, wenn h die Konstante in der bekannten Bedeutung und z die Zeit, in der x resp. y entsteht, bezeichnet. Wir erhalten dann aus Gl. 4) und 5)

$$d\,{}^{\nu}\dot{T}_x = -k\,dx - h\tau\,dz, \qquad 6)$$

$$d\,{}^{\nu}\ddot{T}_y = \quad k\,dy - h\tau\,dz. \qquad 7)$$

Erwägt man, dass stets $\tau = {}^{\nu}\dot{T}_x - {}^{1}\dot{T}_0$ bezw. $\tau = {}^{\nu}\ddot{T}_y - {}^{1}\dot{T}_0$, sowie dass $\frac{dx}{dz} = v$ und $\frac{dy}{dz} = v$ die Geschwindigkeit ist, mit der sich der Endpunkt des Drahtes bei der An- und und Abspannung bewegt, so ergibt sich:

$$d\,{}^{\nu}\dot{T}_x = -k\,dx - \frac{h}{v}({}^{\nu}\dot{T}_x - {}^{1}\dot{T}_0)\,dx, \qquad 8)$$

$$d\,{}^{\nu}\ddot{T}_y = \quad k\,dy - \frac{h}{v}({}^{\nu}\ddot{T}_y - {}^{1}\dot{T}_0)\,dy. \qquad 9)$$

Nimmt man als Wert der gesammten Dehnung λ, indem man von den Korrektionsgrössen absieht, so ist $y = \lambda - x$ und $dy = -dx$; setzt man ferner der Kürze halber $\frac{h}{v} = n$, so ergeben sich zur Ermittelung der Grössen ${}^{\nu}\dot{T}_x$ und ${}^{\nu}\ddot{T}_x$ die Differenzialgleichungen:

$$d\,{}^{\nu}\dot{T}_x = -k\,dx - n\,({}^{\nu}\dot{T}_x - {}^{1}\dot{T}_0)\,dx \qquad 10)$$

und $$d\,{}^{\nu}\ddot{T}_x = -k\,dx + n\,({}^{\nu}\ddot{T}_x - {}^{1}\ddot{T}_0)\,dx. \qquad 11)$$

Die Gl. 10) liefert:

$$\int dx + \int \frac{d\,{}^{\nu}\dot{T}_x}{(k - n\,{}^{1}\dot{T}_0) + n\,{}^{\nu}\dot{T}_x} = \dot{C}. \qquad 12)$$

Bestimmt man die Integrationskonstante mit der Bedingung, dass für $x = 0$ der Wert ${}^{\nu}\dot{T}_x = {}^{\nu}\dot{T}_0$ wird, so führt dies zur Gleichung:

$${}^{\nu}\dot{T}_x = {}^{1}\dot{T}_0 + ({}^{\nu}\dot{T}_0 - {}^{1}\dot{T}_0)\,e^{-nx} + \frac{k}{n}\,(e^{-nx} - 1). \qquad 13)$$

Nimmt man Gl. 13) für $\nu = 1$, bestimmt daraus das letzte Glied und substituirt es in 13), so erhält sie die übersichtlichere Form:

$${}^{\nu}\dot{T}_x = {}^{1}\dot{T}_x + ({}^{\nu}\dot{T}_0 - {}^{1}\dot{T}_0)\,e^{-nx}. \qquad 14)$$

Die Differenzialgleichung 11) führt auf:

$$\int dx + \int \frac{d\,{}^{\nu}\ddot{T}_x}{(k + n\,{}^{1}\dot{T}_0) - n\,{}^{\nu}\ddot{T}_x} = \ddot{C}. \qquad 15)$$

Bestimmt man hier die Konstante der Integration mit der Bedingung, dass für $x = \lambda$ der Wert ${}^{\nu}\ddot{T}_x = {}^{\nu}\ddot{T}_\lambda = {}^{\nu}\dot{T}_\lambda$ wird, so erhält man:

$${}^{\nu}\ddot{T}_x = {}^{\nu}\dot{T}_\lambda\,e^{-n(\lambda - x)} - \left(\frac{k}{n} + {}^{1}\dot{T}_0\right)\left(e^{-n(\lambda - x)} - 1\right). \qquad 16)$$

Auch hier erhält man eine übersichtlichere Form, wenn man Gl. 16) für $\nu = 1$ nimmt, den letzten Faktor berechnet und in Gl. 16) einsetzt, wodurch man findet:

$$^{\nu}\overset{''}{T}_x = {}^{1}\overset{''}{T}_x + ({}^{\nu}\overset{'}{T}_\lambda - {}^{\nu}\overset{'}{T}_\lambda)\, e^{-n(\lambda - x)}. \qquad 17)$$

Man kann nun, ohne die Allgemeinheit der Untersuchung wesentlich zu beeinträchtigen, die ohnehin als konstant angenommene Temperatur der Umgebung des Drahtes, nämlich ${}^{1}\overset{'}{T}_0 = 0$ setzen. Dadurch gehen Gl. 13), und 16), sowie 14) und 17) in folgende über:

$$^{\nu}\overset{'}{T}_x = {}^{\nu}\overset{'}{T}_0\, e^{-nx} + \frac{k}{n}\left(e^{-nx} - 1\right)$$

$$= {}^{\nu-1}\overset{''}{T}_0\, e^{-nx} + \frac{k}{n}\left(e^{-nx} - 1\right), \qquad 18)$$

$$^{\nu}\overset{''}{T}_x = {}^{\nu}\overset{'}{T}_\lambda\, e^{-n(\lambda - x)} - \frac{k}{n}\left(e^{-n(\lambda - x)} - 1\right)$$

$$= {}^{\nu}\overset{''}{T}_\lambda\, e^{-n(\lambda - x)} - \frac{k}{n}\left(e^{-n(\lambda - x)} - 1\right), \qquad 19)$$

ferner:

$$^{\nu}\overset{'}{T}_x = {}^{1}\overset{'}{T}_x + {}^{\nu}\overset{'}{T}_0\, e^{-nx} = {}^{1}\overset{'}{T}_x + {}^{\nu-1}\overset{''}{T}_0\, e^{-nx}, \qquad 20)$$

$$^{\nu}\overset{''}{T}_x = {}^{1}\overset{''}{T}_x + ({}^{\nu}\overset{'}{T}_\lambda - {}^{1}\overset{'}{T}_\lambda)\, e^{-n(\lambda - x)}$$

$$= {}^{1}\overset{''}{T}_x + ({}^{\nu}\overset{''}{T}_\lambda - {}^{1}\overset{''}{T}_\lambda)\, e^{-n(\lambda - x)}. \qquad 21)$$

Würde man die Relationen 18) und 19) graphisch in der Weise darstellen, dass die Dehnungen x als Abscissen und die Temperaturen $^{\nu}\overset{'}{T}_x$ und $^{\nu}\overset{''}{T}_x$ als Ordinaten aufgetragen werden, so lässt sich aus:

$$\frac{d\,{}^{\nu}\overset{'}{T}_x}{dx} = -(k + n\,{}^{\nu}\overset{'}{T}_0)\, e^{-nx} \qquad 22)$$

und $$\frac{d^2 {}^{\nu}T'_x}{dx^2} = n\,(k + n\,{}^{\nu}T'_0)\,e^{-nx} \qquad 23)$$

erkennen, dass die Temperaturkurve der ν. Anspannung — 18) und 20) — des Drahtes für wachsende Verlängerungen stets fällt und ihre convexe Seite nach unten wendet, also ohne Kulminations- und Wendepunkt ist und in

$$x = \frac{1}{n} \cdot l\left[1 + \frac{n}{k}\,{}^{\nu}T'_0\right]$$

die Abscissenachse schneidet.

Desgleichen ergibt sich aus Gl. 19)

$$\frac{d\,{}^{\nu}T''_x}{dx} = -\,(k - n\,{}^{\nu}T'_\lambda)\,e^{-n(\lambda - x)}, \qquad 24)$$

$$\frac{d^2 {}^{\nu}T_x}{dx^2} = -\,n\,(k - n\,{}^{\nu}T'_\lambda)\,e^{-n(\lambda - x)}. \qquad 25)$$

Da, wie aus dem später entwickelten Wert von ${}^{\nu}T'_\lambda$ hervorgeht, derselbe stets neg. ist, was indes schon aus der Natur der Sache ohne weitere Rechnung einleuchtet, so besitzt auch die Temperaturkurve der ν. Abspannung — 19) und 21) — weder einen Kulminations- noch Wendepunkt, fällt für wachsende x stets und hat die concave Seite nach unten gewendet. Sie schneidet die Abscissenachse in

$$x = \lambda - \frac{1}{n} \cdot l\left[1 - \frac{n}{k}\,{}^{\nu}T'_\lambda\right].$$

Darnach kann man sich ein Bild von dem Verlauf der Temperatur des Drahtes bei den unmittelbar aufeinanderfolgenden An- und Abspannungen machen.

Wie aus § 2 erhellt, ist die Kenntnis der Werte ${}^{\nu}T'_\lambda$ und ${}^{\nu}T''_0$ etc. zur Aufstellung von brauchbaren Korrekturformeln nötig. Auch dürfte für die Anwendung bei experimentellen Untersuchungen die Frage vom Interesse sein, ob

hinsichtlich der Temperatur bei fortgesetztem An- und Abspannen eine Annäherung an einen Grenzzustand stattfindet und wie dieser beschaffen ist. Wir wollen beiden Fragen in der angeführten Reihenfolge näher treten.

§ 4. Die Temperatur bei vollendeter An- und Abspannung.

Setzt man in Gl. 18) und 19) succ. $\nu = 1, 2, 3 \ldots$ so erhält man ${}^{1}\dot{T}_\lambda$, ${}^{1}\ddot{T}_0$; ${}^{2}\dot{T}_\lambda$, ${}^{2}\ddot{T}_0 \ldots {}^{\nu}\dot{T}_\lambda$ und ${}^{\nu}\ddot{T}_0$ durch als bekannt vorauszusetzende Grössen ausgedrückt.

Es wird nämlich:

$$ {}^{\nu}\dot{T}_\lambda = \dot{T}_\lambda \left(1 - e^{-n\lambda} + e^{-2n\lambda} - e^{-3n\lambda} + \ldots - e^{-(2\nu-3)n\lambda} + e^{-2(\nu-1)n\lambda}\right), \qquad 26) $$

$$ {}^{\nu}\ddot{T}_0 = -\dot{T}_\lambda \left(1 - e^{-n\lambda} + e^{-2n\lambda} - e^{-3n\lambda} + \ldots + e^{-(2\nu-2)n\lambda} - e^{-(2\nu-1)n\lambda}\right). \qquad 27) $$

Die in Klammern stehenden Ausdrücke rechts sind geom. Progressionen vom Exponenten $-e^{-n\lambda}$; die Gliederzahl ist bezw. $2\nu - 1$ und 2ν; darnach ergibt sich:

$$ {}^{\nu}\dot{T}_\lambda = {}^{1}\dot{T}_\lambda \cdot \frac{e^{(2\nu-1)n\lambda} + 1}{e^{n\lambda} + 1} \cdot \frac{1}{e^{2(\nu-1)n\lambda}}, \qquad 28) $$

$$ {}^{\nu}\ddot{T}_0 = -{}^{1}\dot{T}_\lambda \cdot \frac{e^{2\nu n\lambda} - 1}{e^{n\lambda} + 1} \cdot \frac{1}{e^{(2\nu-1)n\lambda}}. \qquad 29) $$

Schon durch eine einfache Umformung ergeben sich, wenn man zugleich für ${}^{1}\dot{T}_\lambda$ den Wert setzt, die Grenzwerte für $\nu = \infty$, nämlich:

$$^{\infty}\dot{T}_{\lambda} = {}^{1}\dot{T}_{\lambda} \cdot \frac{e^{n\lambda}}{e^{n\lambda}+1} = -\frac{k}{n} \cdot \frac{e^{n\lambda}-1}{e^{n\lambda}+1}, \qquad 30)$$

$$^{\infty}\ddot{T}_{0} = -{}^{1}\dot{T}_{\lambda} \cdot \frac{e^{n\lambda}}{e^{n\lambda}+1} = \frac{k}{n} \cdot \frac{e^{n\lambda}-1}{e^{n\lambda}+1}; \qquad 31)$$

also ist $^{\infty}\dot{T}_{\lambda} = -{}^{\infty}\ddot{T}_{0}$, wie zu erwarten war. Die Grenztemperaturen verändern sich, bis $^{\infty}\dot{T}_{\lambda} + {}^{\infty}\ddot{T}_{0} = 0$, also das arith. Mittel 0, gleich der Temperatur der Umgebung ist.

§ 5. Verlauf der Temperatur im Grenzzustande.

Nun können auch die Gleichungen für den Verlauf der Temperatur des Drahtes bei der An- und Abspannung desselben im Grenzzustande angegeben werden.

Aus Gl. 20) hat hat man für $\nu = \infty$

$$^{\infty}\dot{T}_{x} = {}^{1}\dot{T}_{x} + {}^{\infty}\ddot{T}_{0}\, e^{-nx} = \frac{k}{n}\left(e^{-nx}-1\right) + \frac{k}{n} \cdot \frac{e^{n\lambda}-1}{e^{n\lambda}+1} e^{-nx}, \qquad 32)$$

somit

$$^{\infty}\dot{T}_{x} = -\frac{k}{n}\left[1 - 2 \cdot \frac{e^{n(\lambda-x)}}{e^{n\lambda}+1}\right]. \qquad 33)$$

Ebenso aus Gl. 21) für $\nu = \infty$

$$^{\infty}\ddot{T}_{x} = {}^{1}\ddot{T}_{x} + (^{\infty}\dot{T}_{\lambda} - {}^{1}\dot{T}_{\lambda})\, e^{-n(\lambda-x)} \qquad 34)$$

und daraus mit Benützung der Relationen 19) und 30)

$$^{\infty}\ddot{T}_{x} = \frac{k}{n}\left[1 - 2 \cdot \frac{e^{nx}}{e^{n\lambda}+1}\right]. \qquad 35)$$

Setzt man in Gl. 33) und 35) die entsprechenden Werte für x, so erhält man die zu erwartenden Relationen:

$$^{\infty}\dot{T}_{\lambda} = {}^{\infty}\ddot{T}_{\lambda} \text{ und } {}^{\infty}\dot{T}_{0} = {}^{\infty}\ddot{T}_{0}.$$

Die Discussion der Gl. 33) und 35) zeigt, dass die Temperaturkurven auch im Grenzzustande noch ihren Grundcharakter beibehalten, vorausgesetzt, dass wie bisher die An- und Abspannungsgeschwindigkeit dieselbe ist. Es ergibt sich nämlich:

$$\frac{d\,{}^{\infty}T'_x}{dx} = -2 \cdot \frac{k}{e^{n\lambda}+1} \cdot e^{n(\lambda - x)}, \qquad 36)$$

$$\frac{d^2\,{}^{\infty}T'_x}{dx^2} = 2 \cdot \frac{kn}{e^{n\lambda}+1} e^{n(\lambda - x)}; \qquad 37)$$

ferner

$$\frac{d\,{}^{\infty}T''_x}{dx} = -2 \cdot \frac{k}{e^{n\lambda}+1} e^{nx}, \qquad 38)$$

$$\frac{d^2\,{}^{\infty}T''_x}{dx^2} = -2 \cdot \frac{kn}{e^{n\lambda}+1} e^{nx}. \qquad 39)$$

Es fallen somit für wachsende x beide Temperaturkurven des Grenzzustandes; während jedoch die der Anspannung die convexe Seite nach unten wendet, thut die der Abspannung dies mit der convaven. Wendepunkte gibt es also nicht, ebenso keinen Kulminationspunkt. Die Gleichungen ${}^{\infty}T'_x = o$ und ${}^{\infty}T''_x = 0$ geben der Reihe nach

$$x' = \lambda - \frac{1}{n} \cdot l \frac{e^{n\lambda}+1}{2}$$

und

$$x'' = \frac{1}{n} \cdot l \frac{e^{n\lambda}+1}{2},$$

so dass $x' + x'' = \lambda$ ist.

Für $x = \frac{\lambda}{2}$ erhält man ${}^{\infty}T'_{\frac{\lambda}{2}} = -\,{}^{\infty}T''_{\frac{\lambda}{2}}$. Für die Lage der Temperaturkurven des Grenzzustandes gegen das Koordinatensystem ist es von Wichtigkeit zu beachten, dass:

$$\frac{d\,{}^{\infty}T'_x}{dx} = \frac{d\,{}^{\infty}T''_x}{dx} = -k \text{ ist.} \qquad 40)$$

Somit haben beide Temperaturkurven des Grenzzustandes im Schnittpunkte mit der Abscissenachse gleiche Richtung und zwar die der Geraden, welche den Verlauf der Temperatur beim An- und Abspannen darstellen würde, wenn bei beiden Vorgängen von der Differenz der Temperatur des Drahtes und der Umgebung abgesehen würde, oder wie man sich auch vorstellen kann, wenn die Temperatur der Umgebung die Aenderung jener des Drahtes vollständig übereinstimmend mitmachte. Es leuchtet dies auch daraus ein, weil bei diesen Dilatationen (x' und x'') die Temperatur des Drahtes jener der Umgebung desselben gleich ist, er also von letzterer weder Wärme empfängt, noch an sie abgibt, somit in diesem Zeitdifferenzial seine Temperatur nur von k (Gl. 40) abhängen kann.

Die Konstruktion der Kurve des Grenzzustandes, die sich uns den beiden Kurvenästen der An- und Abspannung zu einer geschlossenen zusammensetzt — was bei den früheren nicht der Fall ist — vereinfacht sich, wenn man erwägt, dass ${}^{\infty}T'_x = -{}^{\infty}T''_x$, sobald die Exponenten von e gleich genommen werden. Nimmt man nämlich in Gl. 34) $x = \xi$ und berechnet die Ordinate, so hat man zugleich eine der des anderen Kurvenastes, der Absisse $x = \lambda - \xi$ ist. Ferner ergibt sich aus Gleichung 36) und 38), dass für $x = \frac{\lambda}{2}$ die Tangenten beider Kurven gleiche Richtung haben, sowie dass für $x = o$ und $x = \lambda$ die Richtungen derselben wechselseitig gleich sind. Endlich ergeben die eben citierten Gleichungen, dass auch die Tangenten der beiden Kurvenäste gleiche Richtung in jenen Punkten haben, für welche $x = \xi$ und $x = \lambda - \xi$ ist. Nach diesen Gesichtspunkten gibt Fig. 2 ein ungefähres Bild der Temperaturkurve des Grenzzustandes.

Man sieht, dass die Hauptrichtung der geschlossenen Kurve $D_0 D_1$ gemäss Gl. 30) und 31) von den Grössen k, h, v, (z) und λ abhängt. Dagegen ist die Richtung der Tangenten in den Punkten, deren Abscissen x' und x'' nur von k [Gl. 40)] bestimmt. Wie man somit auch die Grössen h, v und λ wählen mag, für denselben Stoff ändert sich die Richtung der Tangenten in diesen Punkten nicht.

§ 6. Fertigstellung der Korrektionsformeln des § 2.

Sehen wir hinsichtlich des Wertes der Grössen α'_t und α''_t von deren Abhängigkeit von der Spannung des Drahtes vorerst ab — im besonderen Falle kann dies immerhin berücksichtigt werden —, so ist $\alpha'_t = \alpha''_t = \alpha_t$ und die Formeln 1), 2) und 3) gehen über in

$$b_\nu - a_\nu = \lambda + {}^\nu l' + \gamma \cdot L\,\alpha_t\,({}^\nu T'_\lambda - {}^\nu T'_0) \qquad 41)$$

$$c_\nu - b_\nu = -\lambda + {}^\nu l'' + \gamma \cdot L\,\alpha_t\,({}^\nu T''_0 - {}^\nu T''_\lambda) \qquad 42)$$

$$c_\nu - a_\nu = ({}^\nu l' + {}^\nu l'') + \gamma \cdot L\,\alpha_t\,({}^\nu T''_0 - {}^\nu T'_0), \qquad 43)$$

da ${}^\nu T'_\lambda = {}^\nu T''_\lambda$ ist. Unter Anwendung der Gl. 28) und 29) erhält man:

$${}^\nu T'_\lambda - {}^\nu T'_0 = \frac{{}^1T'_\lambda}{e^{n\lambda} + 1} \cdot e^{n\lambda} \left[2 - \frac{1}{e^{2\nu n\lambda}} \left(e^{2n\lambda} - e^{n\lambda}\right)\right], \qquad 44)$$

$${}^\nu T''_0 - {}^\nu T''_\lambda = -\frac{{}^1T'_\lambda}{e^{n\lambda} + 1} \cdot e^{n\lambda} \left[2 + \frac{1}{e^{2\nu n\lambda}} \left(e^{n\lambda} - 1\right)\right]. \qquad 45)$$

Substituirt man für ${}^1T'_\lambda$ den aus Gl. 18) sich ergebenden Wert, so folgen aus Gl. 41) und 42), wenn man Gl. 44) und 45) damit verbindet, die Hauptformeln:

$$\lambda + {}^{\nu}\dot{l} = (b_\nu - a_\nu) + \gamma \cdot L\alpha_t \cdot \frac{k}{n} \cdot \frac{e^{n\lambda} - 1}{e^{n\lambda} + 1}\left[2 - \frac{1}{e^{2\nu n\lambda}}\left(e^{n\lambda} - 1\right)e^{n\lambda}\right], \quad 46)$$

$$\lambda - {}^{\nu}\ddot{l} = (b_\nu - c_\nu) + \gamma \cdot L\alpha_t \cdot \frac{k}{n} \cdot \frac{e^{n\lambda} - 1}{e^{n\lambda} + 1}\left[2 + \frac{1}{e^{2\nu n\lambda}}\left(e^{n\lambda} - 1\right)\right] \quad 47)$$

und durch Subtraktion dieser:

$${}^{\nu}\dot{l} + {}^{\nu}\ddot{l} = (c_\nu - a_\nu) - \gamma \cdot L\alpha_t \cdot \frac{k}{n} \cdot \left(e^{n\lambda} - 1\right)^2 \cdot \frac{1}{2^{2\nu n\lambda}}. \quad 48)$$

Beachtet man, dass $n = \frac{h}{v}$ und $v = \frac{\lambda}{z_0}$, wenn z_0 die Entstehungszeit der Länge λ bedeutet, so ist $n\lambda = hz_0$, und es gehen die Gl. 46), 47) und 48) in folgende über:

$$\lambda = (b_\nu - a_\nu) - {}^{\nu}\dot{l} + \gamma \cdot L\alpha_t \cdot \frac{k\lambda}{hz_0} \cdot \frac{e^{hz_0} - 1}{e^{hz_0} + 1}\left[2 - \frac{1}{e^{2\nu hz_0}}\left(e^{hz_0} - 1\right)e^{hz_0}\right], \quad 49)$$

$$\lambda = (b_\nu - c_\nu) + {}^{\nu}\ddot{l} + \gamma \cdot L\alpha_t \cdot \frac{k\lambda}{hz_0} \cdot \frac{e^{hz_0} - 1}{e^{hz_0} + 1}\left[2 + \frac{1}{e^{2\nu hz_0}}\left(e^{hz_0} - 1\right)\right], \quad 50)$$

$${}^{\nu}\dot{l} + {}^{\nu}\ddot{l} = (c_\nu - a_\nu) - \gamma \cdot L\alpha_t \cdot \frac{k\lambda}{hz_0}\left(e^{hz_0} - 1\right)^2 \cdot \frac{1}{e^{2\nu hz_0}}. \quad 51)$$

§ 7. Deutung der Formeln des § 6.

Wegen der Unkenntnis über $^{\nu}\acute{l}$ und $^{\nu}\grave{l}$ wird erst die Anwendung vorstehender Formeln auf entsprechende Versuche Aufschluss über den Zusammenhang von l mit den anderen Grössen geben. Indes sind jetzt schon allgemeine Gesichtspunkte aufzustellen. Wenn man nämlich bei dem im § 1 angegebenen Versuchsverfahren die Differenzen $b_\nu - a_\nu$, $b_\nu - c_\nu$ beobachtet, so hat man selbst bei konstanter Temperatur der Umgebung nicht den wahren Wert der Summe e. D. + e. N., es ist vielmehr dieser Differenz eine Korrektionsgrösse:

$$^{\nu}\acute{F} = \gamma \cdot L\alpha_t \cdot \frac{k}{n} \cdot \frac{e^{n\lambda} - 1}{e^{n\lambda} + 1} \left[2 - \frac{1}{e^{2\nu n\lambda}} \left(e^{n\lambda} - 1\right) e^{n\lambda}\right], \quad 52)$$

beziehungsweise

$$^{\nu}\grave{F} = \gamma \cdot L\alpha_t \cdot \frac{k}{n} \cdot \frac{e^{n\lambda} - 1}{e^{n\lambda} + 1} \left[2 + \frac{1}{e^{2\nu n\lambda}} \left(e^{n\lambda} - 1\right)\right] \quad 53)$$

beizufügen. Wie man sieht, sind diese Korrektionswerte von ν abhängig; auch ist $^{\nu}\acute{F} < {}^{\nu}\grave{F}$. Mit wachsendem ν nimmt $^{\nu}\acute{F}$ zu, $^{\nu}\grave{F}$ dagegen ab und es nähern sich beide einem Grenzwerte

$$^{\infty}F = 2\gamma \cdot L\alpha_t \cdot \frac{k}{n} \cdot \frac{e^{n\lambda} - 1}{e^{n\lambda} + 1} = 2\gamma L\alpha_t \, {}^{\infty}\grave{T}_0.$$

Anderseits liefert die abgelesene Differenz $c_\nu - a_\nu$ ebenfalls nicht die Summe der bei der Ab- und Anspannung entstandenen e. N., sondern es ist die Korrektionsgrösse

$$^{\nu}F_1 = \gamma L\alpha_t \cdot \frac{k}{n} \cdot \left(e^{n\lambda} - 1\right)^2 \cdot \frac{1}{e^{2\nu n\lambda}} = {}^{\nu}\grave{F} - {}^{\nu}\acute{F}, \quad 54)$$

welche mit wachsendem ν der 0 sich nähert, neg. anzufügen.

Darnach können die Formeln 49), 50), 51) in folgender Weise übersichtlicher gestaltet werden, nämlich:

$$\lambda = (b_\nu - a_\nu) - {}^\nu\dot{I} + {}^\nu\dot{F} \quad \text{für die Anspannung,} \quad 55)$$

$$\lambda = (b_\nu - c_\nu) + {}^\nu\ddot{I} + {}^\nu\ddot{F} \quad \text{für die Abspannung,} \quad 56)$$

$${}^\nu\dot{I} + {}^\nu\ddot{I} = (c_\nu - a_\nu) \quad {}^\nu F_1. \quad 57)$$

Durch Addition der Gl. 55) und 56) ergibt sich:

$$2\lambda = 2b_\nu - (a_\nu + c_\nu) - ({}^\nu\dot{I} - {}^\nu\ddot{I}) + ({}^\nu\dot{F} + {}^\nu\ddot{F}), \quad 58)$$

$$\lambda = \left[b_\nu - \frac{a_\nu + c_\nu}{2}\right] - \frac{{}^\nu\dot{I} - {}^\nu\ddot{I}}{2} + \frac{{}^\nu\dot{F} + {}^\nu\ddot{F}}{2}. \quad 59)$$

Thatsache ist, dass bei wachsendem ν die Differenz $c_\nu - a_\nu$ alsbald den Wert 0 annimmt und ihn beizubehalten scheint, während sich ${}^\nu F_1$ ebenfalls der 0 nähert. Die rechte Seite der Gl. 57) muss somit für ein gewisses ν jedenfalls gleich 0 genommen werden können, mag ihr Wert anfänglich, worüber Versuche zu entscheiden haben werden, pos. oder neg. ausfallen. Somit ist einerseits

$${}^\infty\dot{I} + {}^\infty\ddot{I} = 0 \text{ also } {}^\infty\dot{I} = -{}^\infty\ddot{I}$$

und

$$\frac{{}^\infty\dot{I} - {}^\infty\ddot{I}}{2} = \frac{{}^\infty\dot{I} + {}^\infty\dot{I}}{2} = {}^\infty\dot{I},$$

und anderseits

$$\frac{{}^\infty\dot{F} + {}^\infty\ddot{F}}{2} = \frac{2\,{}^\infty F}{2} = {}^\infty F,$$

so dass für eine konstante Temperatur der Umgebung des Drahtes

$$\lambda = \left[b_\infty - \frac{a_\infty + c_\infty}{2}\right] + ({}^\infty F - {}^\infty\dot{I}). \quad 60)$$

Stets ist sowohl ${}^\infty F$ als auch ${}^\infty\dot{I}$ pos. Berechnet man λ aus Gleichung

$$\lambda = b_\infty - \frac{a_\infty + c_\infty}{2}, \qquad 61)$$

so ist der Fehler ${}^\infty F - {}^\infty\!\acute{l}$. Für die Anwendung wird es genügen ν so gross zu nehmen, dass $c_\nu - a_\nu = 0$ wird, was erfahrungsgemäss bei Eisen für $\nu = 5$ der Fall ist. Da sich die Korrektionsgrössen ${}^\infty F$ und ${}^\infty\!\acute{l}$ teilweise aufheben, so kann es, indem ${}^\infty\!\acute{l}$ nicht bestimmt werden kann, von Vorteil sein, auch ${}^\infty F$, wie in der schon mehrmals citierten Untersuchung geschehen, zu vernachlässigen, um eine erste Annäherung an den wirklichen Wert der elastischen Dehnung (e. D.) zu erhalten. Die Benützung der Gl. 61) statt Gl. 55) oder 56) hat, was hier nur nebenher erwähnt werden soll, zunächst den Vorteil, den direkten Einfluss der Aenderung der Temperatur der Umgebung auf die Ablesung zu beseitigen — s. § 21 der erwähnten Abhandlung —. Soviel über die Bestimmung der elastischen Dehnung mit Rücksicht auf das in meiner früheren Abhandlung [1]) beachtete Verfahren.

Bei genauerer Betrachtung der Relationen 55), 56), 57) mit Berücksichtigung der thatsächlichen Ergebnisse für die Differenzen $b_\nu - a_\nu$, $b_\nu - c_\nu$ und der Art der Abhängigkeit der Worte ${}^\nu\acute{F}$ und ${}^\nu\ddot{F}$ von ν, ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass nicht etwa $(c_\nu - a_\nu) - {}^\nu F_1 = 0$ ist von einem bestimmten ν an, sondern für jedes ν. Daraus ergäbe sich, dass sich die Gleichung $(b_\nu - a_\nu) + {}^\nu\acute{F} = (b_\nu - c_\nu) + {}^\nu\ddot{F}$ experimentell bestätigen müsste, woraus sich nicht nur Schlüsse auf die während der Be- und Entlastung entstehende e. N. bezüglich ihrer Grösse ergeben würden, sondern auch die auf den Begriff der Elastizität sich stützende Annahme, dass λ von der Zeit unabhängig sei, oder dass es überhaupt

1) A. Miller, Sitzungsberichte der math.-phys. Klasse der k. bayer. Akademie der Wissenschaften. 1882. Heft 4.

eine Grösse in diesem Sinne gäbe, eine indirekte Bestätigung erhielte. Es ist aber auch möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass $^{\infty}\dot{l}$ oder $^{\infty}\ddot{l}$ oder beides zugleich 0 sind. Hierüber werden Versuche, etwa mit Anwendung verschiedener Zeiten (z_0) vielleicht Aufschluss geben.

Ist die Grösse der Konstanten k mittelst der von W. Thomson aus der mechanischen Wärmetheorie abgeleiteten Formel für Berechnung der durch Druckänderung erzeugten Temperaturänderung unter Beachtung der von Edlund[1]) angegebenen Modifikationen, sowie die der Konstanten h durch besonders angestellte Versuche bestimmt, so wird sich die Sache voraussichtlich weiter fördern lassen; bis dahin mag von der Mitteilung weiterer Vermutungen hier abzusehen sein.

1) E. Edlund, Poggendorff's Annalen. Bd. 126.

Fig. 1.

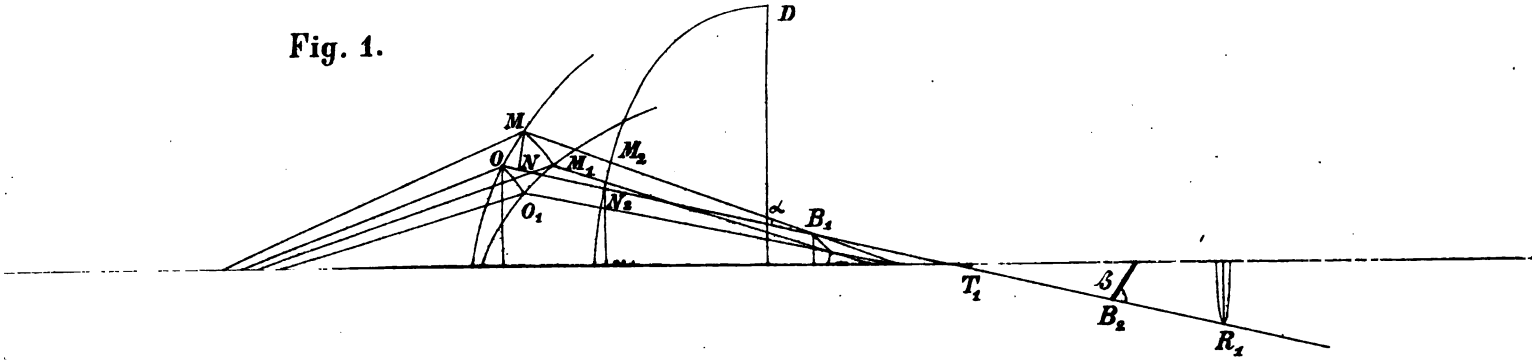
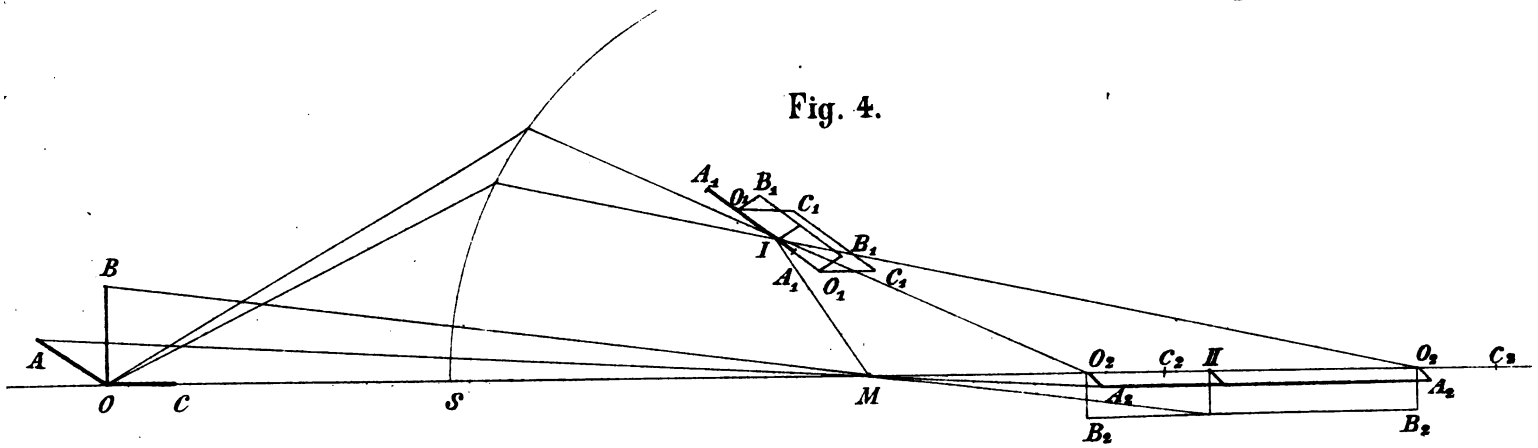

D
M
O
N
M₁
M₂
N₂
O₁
α
B₁
T₁
β
B₂
R₁

Fig. 4.


A₂
B₂
O₁
C₁
I
B₁
A₁
O₁
C₁
B
A
O
C
S
M
O₂
C₂
II
O₂
C₂
A₂
A₂
B₂
B₂

Herr von Seidel theilt eine von Herrn Prof. Ludwig Matthiessen in Rostock übersandte Abhandlung mit:

„Ueber die Form der unendlich dünnen astigmatischen Strahlenbündel und über die Kummer'schen Modelle."

(Mit einer Tafel.)

Im Juli 1860 legte Professor Kummer der Königlichen Akademie der Wissenschaften in Berlin Modelle von drei Arten unendlich dünner Strahlenbündel vor, deren Ausführung sich auf die Ergebnisse einer im 57. Bande des Borchardt'schen Journals für reine und angewandte Mathematik (1859) von ihm publicirten Abhandlung stützt. An die Vorlage seiner Modelle knüpfte Kummer eine Mittheilung, welche in den Monatsberichten der Berl. Akad. für 1860 S. 469—474 veröffentlicht ist. Das Modell der Strahlenbündel erster Art soll die Brennfläche eines unendlich dünnen Strahlenbündels in einfach brechenden Medien darstellen, wenn ein homocentrisches Strahlenbündel beliebig viele Brechungen erlitten hat. Nach einem bekannten Theorem von Malus sind die Strahlen nach der letzten Brechung noch immer normal auf den Wellenflächen und es würde mithin das Modell erster Art überhaupt die Umhüllungsfläche sämmtlicher Normalen eines unendlich kleinen Elements einer krummen Oberfläche darstellen. Diese Strahlen erster Art, von C. Neumann reguläre Strahlen genannt, sind im Modelle und in der Mittheilung von Kummer derartig characterisirt, dass sie von

geradlinigen Flächen (Brennflächen) umhüllt sind, deren erzeugende Gerade stets durch zwei auf der Axe des Strahlenbündels senkrecht stehende und um 90° gedrehte gerade Linien (Brennlinien) und zugleich durch eine die Axe concentrisch umgebende unendlich kleine geschlossene Curve hindurchgehen. In dem Modelle ist diese geschlossene Curve als Kreis gewählt, dessen Ebene auf dem Hauptstrahle senkrecht steht und dessen Mittelpunkt in dem Hauptstrahle liegt. Die durch die beiden Brennlinien und den Hauptstrahl gelegten Ebenen werden Focalebenen genannt und mit ihnen coincidiren die beiden Hauptnormalschnitte des durch einen mit der kleinen geschlossenen Curve coincidirenden Dupin'schen Kegelschnitt von der Wellenfläche abgeschnittenen paraboloidischen Flächenelements. Dieselbe Charakteristik eines sogenannten astigmatischen Strahlenbündels ist vor wie nach den Kummer'schen Publicationen aufgestellt. Zuerst von Sturm in seinem Mémoire sur l'optique in Liouville's Journ. de math. III p. 357 (1838) und in einer gleich betitelten Abhandlung in den Compt. rend. T. XX. p. 554, 761 et 1238 (1845), übersetzt in Pogg. Ann. LXV. S. 116, 374 (1845); von Möbius in den Sitzungsberichten der Sächs. Akad. der Wiss. math.-phys. Classe XIV (1862); von Kummer in seiner Allgemeinen Theorie der geradlinigen Strahlensysteme in Borchardt's Journal LVII S. 189 (1860); endlich auch von C. Neumann in einer Untersuchung über die Brechung eines unendlich dünnen regulären Strahlenbündels, in den Sitzungsberichten der Sächs. Akad. der Wiss. math.-phys. Classe (1. März 1880).

Diese Anschauungen sind dann von Anfang her unbeanstandet übergegangen in alle neueren hervorragenden Werke über physiologische Optik von Helmholtz, Fick, Donders, Hermann, Lippich u. A. Die These, dass die beiden Brennlinien eines jeden Strahlenbündels auf dem Hauptstrahle senk-

recht stehen sollen, wird von Sturm, dem Begründer der Theorie des Astigmatismus, gestützt auf die Voraussetzung, dass man in der Gleichung der Normalen die unendlich kleinen Grössen zweiter Ordnung vernachlässigen und also das durch einen Dupin'schen Kegelschnitt abgetrennte kleine Segment der Wellenfläche als den Scheitel eines elliptischen Paraboloides (osculirendes Paraboloid) betrachten dürfe. Dass diese Voraussetzung eine ungerechtfertigte und irrthümliche sei, ergeben schon die einfachsten Betrachtungen des Verlaufes eines durch eine einzige sphärische Fläche bei schiefer Incidenz gebrochenen unendlich dünnen homocentrischen Strahlenbündels, sowie überhaupt die elementar-geometrische Untersuchung über die Normalfläche des Elementes irgend einer anderen krummen Oberfläche, wie im Folgenden gezeigt werden wird.

Kummer spricht sich in seiner Mittheilung während der Sitzung am 30. Juli 1860 S. 469 folgendermassen aus: „Die durch diese Modelle dargestellten drei Arten von Strahlenbündeln mit ihren Gränzfällen, nämlich dem konischen und cylindrischen, sind die einzig mathematisch möglichen." Und weiter am Schlusse S. 474 heisst es: „Ein Strahlenbündel der ersten Art mit beliebig gegebenen Abständen der beiden gegeneinander rechtwinklig liegenden geradlinigen Querschnitte kann man auf die einfachste Weise durch eine convexe sphärische Linse erzeugen, in die man das von einem leuchtenden Puncte durch eine enge Oeffnung hindurchgehende Licht hineinsendet. Richtet man die Linse so, dass ihre Axe in der Richtung der auffallenden Strahlen selbst liegt, so erhält man nur das konische Strahlenbündel, in welchem die beiden geradlinigen Querschnitte zu einem einzigen Puncte, dem Brennpuncte vereinigt sind. Dreht man aber die Linse so, dass ihre Axe mit der Richtung des auffallenden Lichtes einen spitzen Winkel bildet, so treten die beiden geradlinigen Querschnitte auseinander und ihr Ab-

stand wird immer grösser, je kleiner (?)[1]) dieser Winkel wird; zugleich nehmen auch die beiden geradlinigen Querschnitte verhältnissmässig an Länge zu."

Gerade in diesem einfachen Falle aber ist bei allen denkbar möglichen schiefen Incidenzen die Form des von Kummer definirten astigmatischen Strahlenbündels factisch ganz unmöglich. Zwar ist der Winkel, welchen die I. Brennlinie mit dem Haupt- oder Leitstrahle bildet, ein Rechter; der Winkel jedoch, welchen die II. Brennlinie mit ihm bildet, ist immer spitz; er ist um so kleiner, je kleiner der Incidenzwinkel ist und geht mit diesem zugleich in Null über. Ja durch wiederholte Brechungen in einem nicht centrirten Systeme von sphärischen Flächen, deren Krümmungscentra im Raume vertheilt sind, kann auch der erste Winkel ein spitzer werden. Ganz ähnlich verhält es sich mit den Normalflächen aller krummen Oberflächen mit Ausnahme der Kugel und des Kreiscylinders.

Erwähnenswerth ist die Mittheilung eines Schreibens von Professor von Seidel durch Kummer in den Berl. Monatsberichten vom 18. December 1862 S. 695. Seidel hatte 1857 der Münchener Akademie ein Modell der durch die Brechung eines unendlich dünnen Strahlenbündels in sphärischen Flächen erzeugten Brennfläche vorgelegt und hatte während einer Zusammenkunft mit Kummer im Jahre 1861 bei der Vergleichung seines eigenen Modelles mit dem Kummer'schen der Krümmungsmittelpunctsfläche des Ellipsoides, also eines Strahlenbündels erster Art aus der Analogie die Vermuthung gezogen, es möchte zwischen der Krümmungsmittelpunctsfläche des Paraboloides und der Brennfläche eine nähere Beziehung stattfinden. Prof. von Seidel hat sich dann nach dem Inhalte des Briefes bemüht, die unendlich kleine Wellenfläche des gebrochenen Lichtstrahles auf das Flächen-

1) Soll wohl heissen: „grösser".

element eines Paraboloides zu reduciren, das bis auf Glieder 6. Ordnung mit jener coincidirt.

Der Zweck der vorliegenden Abhandlung ist nun nachzuweisen, dass die Sturm'sche Theorie des Astigmatismus der Allgemeinheit entbehrt und nur für einige wenige specielle Fälle Gültigkeit besitzt, und dass sich mit Rücksicht auf den Fall ein- oder mehrmaliger Brechung eines homocentrischen Strahlenbündels immer eine Fläche finden lässt, von der ein bestimmbares unendlich kleines, durch einen Dupin'schen Kegelschnitt gebildetes Segment sich der Wellenfläche genauer anschmiegt, als das sogenannte osculirende Paraboloid.

Professor C. Neumann sagt in seiner oben citirten Abhandlung: „Beschränken wir uns auf ein unendlich dünnes reguläres Strahlenbündel, und bezeichnen wir den mittleren Strahl desselben als Hauptstrahl, so werden alle Strahlen dieses unendlich dünnen Bündels sich anlehnen an zwei bestimmte gerade Linien, welche den Hauptstrahl schneiden, gegen denselben senkrecht stehen und auch gegeneinander senkrecht stehen.“ Neumann beruft sich dabei auf die bekannten Untersuchungen von Kummer in Borchardt's Journ. Bd. 57. Die Schlussworte sind nicht misszuverstehen und dieselbe Definition findet sich überall gleichlautend.

Wenn sie nun aber schon der Vorstellung, welche wir von der Evolute oder kaustischen Fläche einer krummen Fläche haben, augenscheinlich widerspricht und es auch a priori möglich erscheint, eine unendlich dünne Brennfläche zu construiren, deren erzeugende Gerade stets durch zwei feste gegen die Axe der Brennfläche um einen spitzen Winkel geneigte und um 90^0 oder einen andern Winkel gedrehte gerade Linien (Brennlinien) und zugleich durch eine die Axe umgebende unendlich kleine geschlossene Curve hindurchgeht, und ebenso nothwendig, dass dem ganzen von der Brennfläche eingeschlossenen Strahlenbündel ein System von Orthogonalflächen angehöre, so ist dieses ganz und gar der Fall,

welcher eintritt, wenn ein homocentrisches Strahlenbündel bei schiefer Incidenz durch eine sphärische Fläche gebrochen wird. Die eine der beiden Brennlinien durchschneidet den Hauptstrahl unter einem bestimmbaren spitzen Winkel und coincidirt mit der Centrale des leuchtenden Punktes. Diese II. Brennlinie nämlich ist mit der sphärischen Längenabweichung geradezu identisch.

Wie viele Andere, welche sich mit der Theorie des Astigmatismus im menschlichen Auge beschäftigt haben, so kommt auch Hermann in der Einleitung zu seiner Abhandlung: Ueber Brechung bei schiefer Incidenz (Pflüger's Arch. f. Physiologie XVIII S. 443 [1878]), geleitet durch die Auctorität Sturm's nicht über diese Schwierigkeit hinweg. Er sagt S. 445: „Für einen unendlich kleinen Theil der Wellenfläche kann immer das osculirende Paraboloid gesetzt werden." Und S. 445—447 wird mehrfach bei der Betrachtung eines unendlich dünnen Strahlenbündels von der unendlich kleinen geraden I. Brennlinie, die zur Ebene des Papiers senkrecht stehe und ausdrücklich von der II. Brennlinie, die sich auf einen Punct (!) der optischen Axe, der sogenannten „Directionslinie" reducire, gesprochen. Wenn die II. Brennlinie aber zu Stande komme, so solle sie nach beliebig vielen Brechungen in einem centrirten Systeme die letzte Directionslinie schneiden.

Wir wollen nun den Beweis führen, dass der letzte Satz unrichtig ist für den Fall wo der leuchtende Punct in der Centralen liegt; dass weder das osculirende Paraboloid der Wellenfläche über die wahre Form der Brennfläche genauen Aufschluss gibt, noch auch die II. Brennlinie in dem vorliegenden Specialfalle sich auf einen Punct der optischen Axe reducire, sondern wirklich vorhanden ist, nämlich als ein unendlich kleines Stück I. Ordnung der Axe selbst. Wir discutiren zunächst diesen letzten Punkt. (Vergl. Reusch, Pogg. Ann. 130.)

Wir gedenken uns durch den leuchtenden Punct P (Fig. 1), den Incidenzpunct O des Hauptstrahles und das Centrum C der brechenden sphärischen Fläche eine Ebene gelegt, welche einen unendlich kleinen Bogen aus der Basis des einfallenden Strahlenkegels ausschneidet. Ein dem Incidenzpuncte O unendlich naher Punct dieses Bogens sei M und OM gleich dS. Die durch O und M in die brechende Fläche eintretenden Strahlen werden so gebrochen, dass sie sich zunächst in der kaustischen Curve des Kreises bei B_1 schneiden und dann folgeweise durch zwei einander unendlich nahe Puncte $B_2 B_2$ der optischen Axe oder Centrale PC gehen. Der Abstand $B_2 B_2$ sei da; eine einfache geometrische Betrachtung ergibt, dass $\frac{da}{dS}$ ein von Null und ∞ verschiedenes Verhältniss haben, wenn der Incidenzwinkel von 0^0 und 90^0 verschieden ist. Alle zwischen O und M in die Fläche einfallende Strahlen gehen durch denselben Punkt B_1 der kaustischen Curve und zugleich durch das Axendifferenzial $B_2 B_2 = da$; keiner dem letzteren vorbei.

Wenn wir nun den Strahlenfächer POM fest mit der Axe verbunden, um diese gedreht denken, so beschreibt dS auf der brechenden Fläche einen unendlich schmalen concentrischen Ring und der Strahlenfächer einen hohlen Kreiskegel. Der gebrochene Strahlenfächer beschreibt zwei hohle Kreiskegel, die sich in dem von dem I. Brennpunkte B_1 beschriebenen Kreise gegeneinander abgrenzen. Wenn wir dann durch diesen aus drei Theilen zusammengesetzten Rotationskörper zwei unendlich nahe gelegene Axenschnitte legen, so erhalten wir eine deutliche Einsicht in die Brennfläche eines in die brechende Fläche eintretenden unendlich dünnen homocentrischen Strahlenbündels. Es wird nämlich aus dem vom ersten Brennpuncte B_1 beschriebenen Kreise ein unendlich kleines gegen den Hauptstrahl und den Meridionabschnitt senkrecht gerichtetes Bogenelement $B_1 B_1 = da_1$

(I. Brennlinie) und aus der Axe ein in dem Meridionalschnitt gelegenes, jedoch nicht senkrecht gegen den Hauptstrahl OB_2 gerichtetes Linienelement $B_2 B_2 = da$ (II. Brennlinie) ausgeschnitten. Da sämmtliche Strahlen des Strahlenbündels $POMN_1O_1$ dieses Linienelement passiren, so ist dies offenbar die II. Leitlinie der Brennfläche, d. h. die II. Brennlinie; eine III. Brennlinie kann es in dieser geradlinigen Fläche nicht geben. Das ganze Strahlenbündel POB_2 besteht demnach aus dreien der Form nach von einander verschiedenen Theilen, dem einfallenden Bündel PO von konischer Gestalt, dem gebrochenen OB_1 von keilförmiger, und dem zwischen den beiden Brennlinien liegenden, sogenannten Brennraume von tetraedrischer Gestalt. Diese Theile bewahren im Wesentlichen denselben Character, wenn man die im Wellenflächenelemente MN gelegene Basis des gebrochenen Bündels als kreisförmig wählt.

Es ist nun weiter nach den Untersuchungen von Prof. Zech (Zeitschr. f. Math. u. Phys. XVII. S. 373 [1872]) ein unendlich dünnes Strahlenbündel schon bestimmt durch drei Strahlen. Um aber die I. Brennlinie $B_1 B_1$ geometrisch genau zu definiren, muss Hermann mindestens vier unendlich nahe gelegene Strahlen zu Hülfe nehmen, von denen sich je zwei in den beiden Endpuncten derselben schneiden. Hierzu eignen sich offenbar die vier durch die Ecken des unendlich kleinen Rechtecks OMM_1O_1 gehenden Strahlen. Damit ist aber zugleich die II. Brennlinie $B_2 B_2$ geometrisch definirt; sie reducirt sich nicht auf einen Punct, sondern hat eine Länge da, welche der Grösse nach von derselben Ordnung ist, wie $OM = dS$ oder $MN = ds$, oder $B_1 B_1 = da_1$ wie sich leicht erweisen lässt. Die geometrischen Verhältnisse ergeben sich aus Fig. 1.

Es sei $OB_1 = \varrho$ der Krümmungsradius des ersten Hauptnormalschnittes MN der Wellenfläche, $OB_2 = r$ der Krümmungsradius des zweiten Hauptnormalschnittes und $B_2 R$

senkrecht gegen den Hauptstrahl OB_2; dann ist $RB_2 = dr$ das Differenzial des zweiten Hauptkrümmungsradius. Bezeichnen wir den Winkel OB_1M mit α, so ist $\alpha = \frac{ds}{\varrho}$ und man erhält für die Bestimmung des Winkels $RB_2B_2 = \beta$ die Relation

$$\tan\beta = \left(\frac{r}{\varrho} - 1\right)\frac{ds}{dr}.$$

So lange nun $\frac{dr}{ds}$ nicht Null wird, muss β offenbar ein spitzer von 90^0 verschiedener Winkel sein. Bezeichnen wir noch den Brechungswinkel OMN mit ψ und das Bogenelement des II. Hauptnormalschnittes der Wellenfläche in N mit $d\sigma$, so ist

$$da = \frac{(r-\varrho)\cos\psi}{\varrho\sin\beta}\,dS, \quad da_1 = \frac{\varrho\sin\beta}{r}\cdot\frac{d\sigma}{ds}\,da = \frac{r-\varrho}{r}\,d\sigma.$$

Es ist nun unschwer nachzuweisen, dass es unendlich viele Brennflächen gibt, für welche β nicht ein Rechter ist.

Es sei N_2B_2 (Fig. 1), also ein Theil des gebrochenen Strahles OB_2, die Normale eines elliptischen Quadranten AN_2D und B_1 ein Punct seiner Evolute. Denken wir uns diesen Quadranten um seine kürzeste Halbaxe AF, also um die Centrale der brechenden Fläche um einen unendlich kleinen Winkel gedreht, so beschreibt das Bogenelement M_2N_2 ein unendlich kleines Element einer der äquidistanten Wellenflächen des Strahles und da_1 wie da bleiben wie vorhin die beiden Leitlinien dieses Flächenelementes. Wenn wir nun im Stande sind, die Halbaxen $DF = b$, $AF = a$ des Rotationsellipsoides aus den gegebenen Verhältnissen zu bestimmen, so ist zugleich diejenige Fläche gefunden, welche sich der äquidistanten Wellenfläche genauer anschmiegt, als das osculirende Paraboloid. Das osculirende Paraboloid, welches in N_2 auf einem Dupin'schen Kegelschnitte (im vor-

liegenden Specialfalle Ellipse) steht, ist aber ein elliptisches Paraboloid, also kein Rotationskörper, wie es in unserm Falle offenbar die Wellenflächen sind, schmiegt sich also nicht so genau an und seine Leitlinien befolgen den Sturm'schen Satz, welcher aber für unseren Fall keine Gültigkeit hat, da β ein spitzer Winkel ist.

Wir sind nun aber im Stande, das gedachte Rotationsellipsoid

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2 + z^2}{b^2} = 1$$

genau zu bestimmen. Die Gleichung der brechenden Kugelfläche sei

$$\xi^2 + y^2 + \zeta^2 = R^2.$$

Für eine gegebene Objectweite PS und Amplitude ϑ des einfallenden Strahles PO sind r, ϱ und β bestimmbare, bekannte Grössen. Betrachten wir vorläufig nur die Wellenlinie und Brennfläche des Axenschnittes, so sind z und ζ gleich Null und es existiren folgende realisirbare Gleichungen, worin t den gegenseitigen Abstand der beiden Wellenlinien MN und $M_2 N_2$ bedeutet:

I. $\varrho - t = f(y, a, b)$,
II. $r - t = \varphi(y, a, b) = y : \sin\beta$,
III. $r - \varrho = \psi(y, a, b)$.

Weil nun in unserem Falle ϱ und t für ein variabeles r innerhalb der unendlich kleinen Wellenfläche constant bleiben, so ist, wenn $M_2 N_2 = ds_1$ gesetzt wird

$$\text{IV. } \cot\beta = \frac{\varrho}{r - \varrho} \cdot \frac{dr}{ds} = \frac{\varrho - t}{r - \varrho} \cdot \frac{dr}{ds_1},$$

also auch

$$\text{V. } \cot\beta = F(y, a, b).$$

Aus den Gleichungen II, III und V lassen sich y, a und b bestimmen; x oder VF findet man aus y, t aus II und UF

$= x + t\cos\beta$. Hiedurch sind Grösse und Lage des osculirenden Rotationsellipsoides völlig bestimmt.

Wenn die I. Leitlinie $B_1 B_1 = da_1$ um einen spitzen Winkel β, gegen den Hauptstrahl geneigt ist, so lässt sich derselbe auf ähnliche Art bestimmen. Es ist nämlich

$$\text{VI. } \cot\beta_1 = \frac{r}{r-\varrho}\cdot\frac{d\varrho}{d\sigma} = \frac{r-t}{r-\varrho}\cdot\frac{d\varrho}{d\sigma_1},$$

wo $d\sigma_1$ ein unendlich kleines Bogenelement des II. Hauptnormalschnittes der Wellenfläche in N_2 bezeichnet. Es lässt sieh aber für den vorliegenden Specialfall leicht nachweisen, dass $\frac{d\varrho}{d\sigma_1} = 0$, also $\beta_1 = 90^0$ ist.

Bei welcher Art von Brechung β und β_1 spitz sein müssen, bedarf keiner schwierigen Untersuchung. Dass dieser Fall geometrisch realisirbar ist, lässt sich z. B. an dem elliptischen Paraboloide

$$x = a\left(\frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2}\right)$$

beweisen. Es sei CAO (Fig. 2) einer der beiden Hauptaxenschnitte z. B. die xy Ebene, OB_1 der Hauptstrahl auf der Evolute CB_1, $ON = ds$ ein Bogenelement des I. Hauptnormalschnittes, $OT = d\sigma$ ein Bogenelement auf dem II. Normalschnitte. Ferner sei wiederum $B_2 B_2 = da$ die Brennlinie in dem Hauptaxenschnitte, also die II. Brennlinie, $B_1 B_1 = da_1$ die I. Brennlinie, der Krümmungshalbmesser OB_1 des I. Hauptnormalschnittes gleich ϱ, der des II. Normalschnittes OB_2 gleich r, der auf NB_1 gelegene Abschnitt $B_2 R = dr$ sein Differenzial und endlich β der Winkel, welchen $B_2 B_2$ mit dem Hauptstrahle OB_1 bildet. Alsdann gelten folgende Gleichungen für einen Punct (x, y, 0):

$$\text{I. } \varrho = \frac{b^2 + 4ax}{2ab}\sqrt{b^2 + 4ax}; \quad \text{II. } r = \frac{c^2}{2ab}\sqrt{b^2 + 4ax}.$$

Es ist nun

$$\frac{ds}{dr} = \frac{b(b^2 + 4ax)}{2c^2\sqrt{ax}} = \frac{\varrho b}{2r\sqrt{ax}}$$

und

$$\text{III. } \tan\beta = \left(\frac{r}{\varrho} - 1\right)\frac{ds}{dr} = \frac{c^2 - b^2 - 4ax}{2c^2} \cdot \frac{b}{\sqrt{ax}}.$$

Mit der gegen früher verwechselten Lage der beiden Brennlinien setzten wir voraus, es sei $r < \varrho$, also $c < b$. Alsdann findet ein absolutes Minimum von $\tan\beta$ statt für $4ax = b^2 - c^2$. Ist demnach c von b verschieden, so ist für

$x = 0$ (Scheitelpunct),	$\beta = 90^0$,
$x =$ endlich,	$\beta =$ spitz,
$x = \infty$,	$\beta = 90^0$.

Das Kummer'sche Modell I. Art gilt also nur für $x = 0$ und $x = \infty$. Ist $c = b$ (Rotationsparaboloid), dann ist für

$x = 0$,	$\beta = 0^0$,
$x =$ endlich,	$\beta =$ spitz,
$x = \infty$,	$\beta = 90^0$.

Das Kummersche Modell ist also auf diesen Körper gar nicht anwendbar. Für den Winkel β, welchen die I. Brennlinie mit dem Hauptstrahle bildet, ist, wie früher

$$\tan\beta_1 = \left(1 - \frac{\varrho}{r}\right)\frac{d\sigma}{d\varrho}.$$

Da aber $d\sigma = dz$ und $\frac{d\varrho}{dz} = 0$ ist für $z = 0$, so ist $\beta = 90^0$ und die I. Brennlinie steht für einen Punct (x, y, 0) stets senkrecht zum Hauptstrahl. Wenn man aber ein unendlich kleines Oberflächenelement des elliptischen Paraboloides betrachtet, welches nicht in einem der beiden Hauptmeridiane

(x, y, 0) und (x, 0, z) liegt, so verschwindet weder $\frac{dr}{ds}$ noch $\frac{d\varrho}{d\sigma}$ und beide Winkel β und β_1 sind spitz. Es würde hieraus folgen, dass das Kummer'sche Modell ausschliesslich nur auf den Scheitel des elliptischen Paraboloides Anwendung finden kann. Dann ist es aber nicht allgemein und nicht die einzige mathematisch mögliche Form eines regulären astigmatischen Strahlenbündels. Was von den Strahlenbündeln I. Art gesagt werden kann, muss natürlich ebenso gelten von den astigmatischen Strahlenbündeln II. und III. Art, welche bei der Brechung eines homocentrischen Strahlenbündels in optisch ein- und zweiaxigen Krystallen auftreten: die beiden Brennlinien sind im allgemeinen schief gegen den Hauptstrahl gestellt. Der Unterschied der beiden Theorien muss in der Realität um so merklicher hervortreten, je dicker die Strahlenbündel sind.

Wir haben zur Vereinfachung unserer Betrachtungen im Bisherigen immer vorausgesetzt, dass die I. Brennlinie wirklich eine unendlich kleine Gerade sei. Für den Scheitel eines elliptischen Paraboloides ist dies im Einklange mit der Sturm-Kummer'schen Theorie freilich zutreffend. In dem allgemeinen Falle der Betrachtung der Brennfläche (Normalfläche) eines beliebigen Flächenelements ist sie jedoch, genau bei Lichte besehen, etwas anderes, nämlich eine unendlich kleine geschlossene ebene Figur, welche eine schiefe Projection der Basis des astigmatischen Strahlenbündels auf die Tangentialebene der kaustischen Fläche im Punkte b_1 ist. Bei der Betrachtung der Brechung eines Strahlenbündels in einer sphärischen Fläche liegt diese kleine Brennebene in dem Hauptstrahl und senkrecht zur Einfallsebene. (Fig. 3). Ist die Basis MNM_1N_1 ein Kreis, so ist die kleine Brennebene $B_1b_1B_1$ eine Ellipse, deren kleinste Axe B_1B_1 und deren grösste Axe im Hauptstrahl Ob_2 liegt. Um die Ideen zu

fixiren, wollen wir diese Verhältnisse am elliptischen Paraboloide genauer betrachten. An demselben ist nämlich

$$\frac{r^3}{\varrho} = \frac{b^4}{4a^2}, \qquad \frac{d\varrho}{dr} = \frac{3\varrho}{r},$$

wo $d\varrho$ die Breite der I. Brennlinie bezeichnet. Ferner ist allgemein

$$\frac{dr}{ds} = \left(\frac{r}{\varrho} - 1\right)\cot\beta, \qquad \frac{da_1}{d\sigma} = \left(1 - \frac{\varrho}{r}\right).$$

Daraus folgt für das Paraboloid

$$\frac{d\varrho}{ds} = 3\left(1 - \frac{\varrho}{r}\right)\cot\beta, \qquad \frac{d\varrho}{da_1} = 3\cot\beta\,\frac{ds}{d\sigma}.$$

Die letzte Relation gibt nun das Verhältniss der Breite der 1. Brennlinie zu ihrer Länge an. Ist $d\sigma = ds$, also die Basis des Strahlenbündels ein Kreis, so wird $d\varrho = 3\cot\beta \cdot da_1$. Wenn im Specialfalle $3\cot\beta = 1$, d. h. $\beta = 80^0\,40'$ wäre, so würde $d\varrho = da_1$, also auch die kleine Brennebene ein Kreis werden. Für den Scheitel des Paraboloides (osculirendes Paraboloid) ist $\beta = 90^0$, also $d\varrho = 0$ und die I. Brennlinie eine Gerade; in allen übrigen Fällen degenerirt sie aber in eine Ellipse.

Beachtenswerth sind diese Verhältnisse bei dem Rotationsparaboloid, weil dieselben auch für die Wellenflächen gebrochener Lichtstrahlen gelten. Ist der Winkel β von 0^0 und 90^0 verschieden und

1) $\frac{d\sigma}{ds} = 1$; so ist die I. Brennfläche eine Ellipse, die II. Brennlinie eine in der Centrale liegende Gerade;

2) $\frac{d\sigma}{ds} = 0$; so ist die I. Brennlinie eine im Hauptstrahl, die II. Brennlinie eine in der Centrale liegende Gerade;

3) $\frac{d\sigma}{ds} = \infty$; so ist die I. Brennlinie eine senkrecht zur Einfallsebene stehende Gerade, während die II. Brennlinie sich auf einen Punct reducirt.

Also auch nach dieser Seite hin ist die Sturm'sche Theorie mit den wirklich bestehenden Verhältnissen nicht in Einklang zu bringen.

Die gegen den Hauptstrahl $O b_2$ (Fig. 3) senkrecht geführten Ebenenschnitte stellen die verschiedenen Formen der aufeinander folgenden innerhalb eines Strahlenbündels liegenden Wellenflächenelemente dar, wobei vorausgesetzt ist, dass die in unmittelbarer Nähe der brechenden Fläche liegende Basis kreisförmig sei. Alle übrigen folgenden Querschnitte sind geschlossene Curven vierten Grades, welche bei unendlich dünnen Bündeln Ellipsen $T T_1$ werden, in dem I. Brennpuncte b_1 in eine Gerade $B_1 B_1$, innerhalb der Brennstrecke $b_1 b_2$ noch einmal in einen Kreis $Q Q_1$ übergehen, dagegen in der Nähe der II. Brennlinie zu flachen Ovalen, innerhalb der II. Brennlinie zu lemniskatenähnlichen Figuren $R R_1$ degeneriren, deren Axen mit der II. Focalebene coincidiren. Die Wölbung der Wellenflächen ist im vorderen eintretenden Theile nach der Richtung der Wellenbewegung sphärisch convex im vorderen gebrochenen Theile gegen dieselbe paraboloidisch oder ellipsoidisch convex, im mittleren hyperboloidisch sattelförmig, im letzten Theile ellipsoidisch concav. Die Form der astigmatischen Bilder sehr kleiner gerader Linien bei schiefer Incidenz der Strahlen in einen sehr kleinen Theil der sphärischen Fläche lässt sich, wenn man von der Breite $d\varrho$ der I. Brennlinie abstrahirt, folgendermassen characterisiren:

Ein unendlich dünnes homocentrisches Strahlenbündel entwirft bei schiefer Incidenz auf eine brechende sphärische Fläche von einem leuchtenden Puncte O (Fig. 4) ein ver-

zerrtes Bild (Brennraum), begrenzt von zwei getrennten Brennlinien, von denen die eine $O_1 O_1$ (I. Brennlinie auf einem Elemente der Tangente eines mit der Centrale des leuchtenden Punctes concentrischen Kreises der kaustischen Curve liegt, die andere $O_2 O_2$ (II. Brennlinie) mit der Centrale coincidirt. Diejenigen Puncte, worin diese beiden Brennlinien von dem Hauptstrahle getroffen werden, heissen die Brennpuncte. Es wird demnach von einem Axenpuncte O

1) ein lineares, senkrecht gegen den Meridionalschnitt (Einfallsebene) gelegenes Bild $O_1 O_1$ im Brennpuncte I,

2) ein lineares mit der Centrale des leuchtenden Punctes coincidirendes Bild $O_2 O_2$ im Brennpuncte II erzeugt.

Von einer sehr kleinen senkrecht zum Meridionalschnitte stehenden Seitenlinie O A wird

1) ein lineares, ihr paralleles Bild $O_1 A_1 O_1 A_1$ im Brennpuncte I,

2) ein rechteckiges, senkrecht zum Meridionalschnitte stehendes Bild $O_2 A_2 A_2 O_2$ im Brennpuncte II erzeugt.

Von einer sehr kleinen im Meridionalschnitte gelegenen zur Centrale senkrecht stehenden Seitenlinie O B wird

1) ein rechtwinkliges, senkrecht zur Centrale M I stehendes Bild $O_1 B_1 B_1 O_1$ im Brennpuncte I,

2) ein rechteckiges im Meridionalschnitte gelegenes Bild $O_2 B_2 B_2 O_2$ im Brennpuncte II erzeugt.

Von einer sehr kleinen in der Centrale gelegenen Linie O C wird

1) ein rechteckiges, senkrecht zum Meridionalschnitte, parallel zur Centrale gelegenes Bild $O_1 C_1 C_1 O_1$ im ersten Brennpuncte,

2) ein lineares mit der Centrale coincidirendes Bild $O_2 C_2 O_2 C_2$ im zweiten Brennpuncte erzeugt.

Nach den vorstehenden Sätzen lassen sich leicht die Bilder von Linien construiren, welche beliebige Winkel mit der Centrale und der Einfallsebene bilden. Dieselben werden theils Rechtecke theils Rhomboide sein. Mit Leichtigkeit ergibt sich endlich die relative Lage der Brennlinien gegen den Hauptstrahl, wenn das Strahlenbündel mehrere Brechungen erleidet. Liegt nämlich der leuchtende Punct in der Axe und ist das System centrirt, so liegen alle I. Brennlinien senkrecht zur Einfallsebene, alle II. Brennlinien coincidiren mit der Centrale, schneiden sie aber nicht. Liegt der leuchtende Punct seitwärts von der Axe, oder liegen die Centra der brechenden Flächen in einer Ebene zerstreut, so bleiben die ersten Brennlinien senkrecht zu dieser Ebene, die zweiten in derselben und schneiden die Centralen oder Directionslinien unter beliebigen spitzen Winkeln, welche auch Rechte sein können. Sind die Centra der brechenden Flächen im Raume zerstreut, so sind die Brennlinien zwar noch immer in zweien durch den Hauptstrahl gelegten, auf einander senkrecht stehenden Ebenen enthalten, bilden aber im allgemeinen mit dem Hauptstrahle spitze Winkel.

Herr A. Brill theilt die Resultate einer Arbeit mit:

„Zur Theorie der geodätischen Linie und des geodätischen Dreiecks,“

welche in den Denkschriften erscheinen wird.

Herr Kupffer berichtet über eine unter seiner Leitung von Herrn Dr. Ferd. Klaussner ausgeführte Untersuchung:

„Ueber das Rückenmark von Proteus anguineus“;

dieselbe ist ebenfalls für die Denkschriften bestimmt.

Sitzung vom 3. Februar 1883.

Herr Baeyer legt eine in seinem Laboratorium von Herrn Henry William Perkin jun. ausgeführte Arbeit vor:

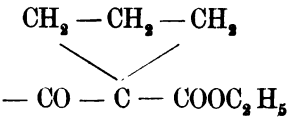
„Ueber Einwirkung von Trimethylenbromid auf Natracetessigester."

(Der Classe eingereicht den 29. Januar 1883.)

Wenn man Natracetessigester mit Trimethylenbromid erhitzt, findet eine reichliche Abscheidung von Bromnatrium statt. Um die Produkte dieser Einwirkung zu studiren, wurde der folgende Versuch angestellt.

Eine Lösung von 38 g Natracetessigester in absolutem Alkohol wurde ungefähr zwei Stunden auf einem Wasserbad mit 50 g Trimethylenbromid erhitzt. Als keine weitere Abscheidung von Bromnatrium zu bemerken war, wurde die alkoholische Lösung von dem Niederschlag abfiltrirt, sofort mit 6 g Natrium (in absolutem Alkohol gelöst) versetzt, und noch einmal ungefähr zwei Stunden auf dem Wasserbad erwärmt. Nach Beendigung der Einwirkung wurde der Alkohol abdestillirt, das zurückbleibende Oel in Aether gelöst, mit Wasser gewaschen, über kohlensaurem Kali getrocknet und fractionirt.

Schliesslich bekam man ein wasserhelles Oel, das constant zwischen 224°—225° abdestillirte und bei der Analyse folgende Zahlen lieferte, welche mit der Formel



gut übereinstimmen.

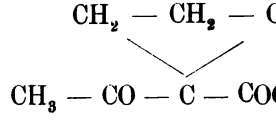
Gefunden:	Berechnet:
C = 63.52%	63.53%
H = 8.35%	8.23%.

Eine Dampfdichte-Bestimmung in Anilindampf nach der Methode von Hofmann gab:

D = 6.21. Berechnet für $C_9H_{14}O_3$ = 5.88.

Um die entsprechende Säure zu bekommen, wurde der Aether mit einem Ueberschuss einer concentrirten Lösung von Natriumaethylat 4—5 Minuten gekocht, darauf Wasser zugegeben und das unveränderte Oel von dem Kaliumsalz mittelst Aether getrennt. Die Lösung des Salzes wurde zunächst mit Eis abgekühlt, und mit verdünnter Schwefelsäure vorsichtig angesäuert.

Es schied sich eine krystallinische Säure aus, welche auf einem Filter gesammelt, und mit kleinen Quantitäten Wasser ausgewaschen wurde. Eine Analyse der über Schwefelsäure getrockneten Säure gab folgendes Resultat, welches zu der Formel:



führt.

Gefunden:	Berechnet:
C = 59.35	59.15
H = 7.41	7.04.

Diese Säure zersetzt sich sofort beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure in CO_2 und andere Produkte.

Zur Darstellung des Silbersalzes wurde die, von überschüssigem Ammoniak durch Stehen über Schwefelsäure befreite Lösung des Ammoniaksalzes mit $AgNO_3$ gefällt. Die Analyse gab folgendes Resultat:

Gefunden:	Berechnet $C_7H_9O_3Ag$:
C = 33.64	33.73
H = 3.74	3.62
Ag = 43.24	43.37

Diese Reaction sowohl als die Einwirkung von Methylenjodid, Aethylenbromid und Aethylidenchlorid auf Natracetessigester beabsichtige ich genauer zu studiren.

Herr v. Gümbel reicht eine Abhandlung des corresp. Mitgliedes Fr. Pfaff ein:

„Versuche die absolute Härte der Mineralien zu bestimmen."

Dass ein sehr grosser Unterschied in der Härte der verschiedenen Mineralien bestehe, war den Alten schon ebenso gut bekannt wie der Umstand, dass in manchen Fällen der einfache Versuch, ein solches Mineral zu ritzen, ein sehr gutes Mittel gewähre, seine Identität festzustellen. Das praktische Bedürfniss des Mineralogen führte nun bald dazu, ein einfaches Maass für die verschiedenen Härtegrade zu suchen. Werner war der erste, der auch eine bestimmte Definition für den Begriff „Härte" aufstellte, nemlich als den Widerstand, den die Theilchen des Körpers einem in sie eindringen wollenden anderen entgegensetzen. Damit war nun auch ein Weg gegeben, die Härte genauer zu messen, doch dauerte es noch lange, ehe man Versuche machte, die Härte genauer zu untersuchen. Das praktische Bedürfniss, sie für die Bestimmung der Mineralspecies mit zu verwenden, legte es natürlich sehr nahe, eine Anzahl von verschieden harten Mineralien als willkürliches Maass für die Härte der andern auszuwählen. So entstand die erste Härteskala durch Hauy, der bald die noch jetzt gebräuchliche ganz gut ausreichende von Mohs mit ihren 10 Härtegraden folgte. Erst mit Frankenheim's Dissertation vom Jahre 1829 beginnen die Versuche in genauerer Weise die Härte zu messen. Er ver-

wendete noch bloss mit der Hand über die Krystallflächen geführte Nadeln aus verschieden harten Metallen und das messende war eigentlich nur das Gefühl der Hand; einen Schritt weiter ging bald darauf Seebeck 1833, indem er die Nadeln mit Gewichten belastete und bestimmte, welches Minimum der Belastung hinreiche, um einen eben noch bemerkbaren Ritz in der Krystallfläche zu erzeugen. Zugleich machte er auch noch auf eine andere Methode aufmerksam, nemlich die, bei constanter Belastung der feststehenden ritzenden Spitze, das Gewicht zu bestimmen, welches nöthig ist, den auf einer möglichst leicht beweglichen Unterlage sich befindenden Krystall unter der Spitze wegzuziehen.

Theoretisch betrachtet sind beide Methoden gleich leistungsfähig; denn offenbar beruht die erste auf dem Principe, das Gewicht zu bestimmen, welches bei den verschiedenen Mineralien den gleichen Effect, eben noch bemerkbares Eindringen, hervorruft, die zweite auf dem, den durch das gleiche Gewicht erzeugten verschiedenen Effect, das ungleiche Eindringen der Spitze, der eben durch die verschiedene Härte bedingt ist, durch die verschiedene zu seiner Ueberwindung nöthige Kraft zu messen.

Denn offenbar ist im ersten Falle das Verhältniss der Härte der verschiedenen Mineralien zu einander direct wie das der aufgelegten Gewichte, im zweiten Falle dagegen verhält sich die Härte umgekehrt wie die verwendeten Gewichte.

In der Praxis hat man bis jetzt jedoch fast nur die erste Methode verwendet, da bei der zweiten der zu überwindende Widerstand durch die nie unveränderlich zu erhaltende, also einen wechselnden Widerstand erzeugende Reibung des Krystallträgers sich nicht mit genügender Sicherheit bestimmen lässt.

Nach dem ersteren Principe haben nun Grailich und Pekárek einen Apparat construirt, und einige Versuche damit

ausgeführt [1]), mit einem wesentlich gleichen hat dann Exner seine Untersuchungen vorgenommen und in einer von der k. Akademie der Wissenschaften in Wien gekrönten Preisschrift 1873 veröffentlicht. Dieselben erstrecken sich über 17 krystallisirte Substanzen, darunter jedoch nur 7 Mineralien. Die mit grosser Sorgfalt durchgeführten Versuchsreihen ergaben sehr interessante Resultate hinsichtlich der Verschiedenheit der Härte und des Verhältnisses der Härte auf den einzelnen Krystallflächen, aber keine Anhaltspunkte, um auch nur die Härte verschiedener Krystallflächen eines und desselben Minerals genau miteinander vergleichen zu können. Exner macht selbst den Ausspruch, dass er es für unmöglich halte, auf diese Weise die absolute Härte der Mineralien zu bestimmen. Und man braucht auch in der That nur ein paar seiner Versuchsreihen anzusehen, um sofort zu erkennen, wie berechtigt dieser sein Ausspruch sei. So findet sich z. B. als das Minimalgewicht zum Ritzen einer Kalkspathrhomboëderfläche für eine Diamantspitze nach den verschiedenen Richtungen derselben 20—40 Centigr., während für eine Würfelfläche des Flussspathes (Nr. 40) nur 5—8 nöthig gefunden wurden, so dass demnach der Flussspath 4—5 mal weicher als Calcit erschiene.

Der Grund dieser auf den ersten Blick sehr befremdenden Thatsache, der auch die Unmöglichkeit, auf diese Weise die Härte verschiedener Mineralien mit einander zu vergleichen, klar erkennen lässt, ist der, dass hier als Maass der Wirkung die Wahrnehmbarkeit derselben aufgestellt ist. Nun kann sich aber Jeder durch wenige Versuche leicht überzeugen, worüber auch alle Beobachter einig sind, dass die Wahrnehmbarkeit des Geritztseins einer Krystallfläche sehr von den übrigen physikalischen Eigenschaften eines Krystalles,

---

1) Sitzungsber. der k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. XIII. S. 410

wie Farbe, Glanz u. s. w. abhängt, und nicht allein von der Tiefe des Ritzens, so dass die Unterschiede in der Härte auf diese Weise wohl genau für eine und dieselbe Fläche, aber nicht für verschiedene Flächen oder gar verschiedene Krystalle gefunden werden können.

Auch die zweite der oben angegebenen Methoden, selbst wenn sie fehlerfrei ausgeführt werden könnte, würde nicht zum Ziele führen, indem sie uns höchstens das Verhältniss der Härte verschiedener Mineralien zu messen gestattete, aber nicht die absolute Härte. Immerhin wäre das schon ein grosser Gewinn und ich versuchte Anfangs diese Methode zu verbessern. Man kann dies auch leicht dadurch, dass man den bei derselben unvermeidlichen Fehler, der aus dem veränderlichen Reibungswiderstande des Krystallträgers hervorgeht, in seinem Einflusse auf das Resultat bedeutend verringert. Dies geschieht dadurch, dass man statt einer Spitze auf den Krystall gleichzeitig mehrere einwirken lässt. So habe ich denn 7 Diamantspitzen in der Art verbunden, dass 4 in einer, 3 in einer zweiten Reihe unmittelbar neben einander standen und zwar die 3 in den Zwischenräumen jener 4 wirkten. So erhielt man dann 7 sehr nahe liegende feine Ritzen, wenn der Krystall unter den Spitzen wegbewegt wurde. Offenbar wird hier der von dem Krystalle ausgehende Widerstand gegen die Fortbewegung genau in demselben Verhältnisse wie die Zahl der Spitzen vermehrt, während der von der Fortbewegung des Krystallträgers für sich herrührende der gleiche bleibt, wie bei einer Spitze. Man erhält auf diese Weise schon viel brauchbarere Werthe für die Vergleichung der Härte verschiedener Mineralien. Ich bin jedoch bald zu einer andern Methode übergegangen, welche uns in ganz sicherer Weise die absolute Härte der verschiedenen Mineralien zu messen gestattet und, wenn ich mich nicht sehr täusche, für die Molekular- und Krystallphysik noch sehr wichtige Resultate liefern wird. Ich will

dieselbe, ehe ich einige damit gefundene Resultate mittheile, kurz auseinander setzen.

Halten wir an der oben gegebenen Definition von Härte fest, so können wir sagen: die Aufgabe für eine brauchbare Methode der Härtebestimmung ist die, zu ermitteln, wie tief dringt bei constanter Belastung eine constant bleibende Spitze oder Schneide in die verschiedenen Krystalle ein.

Eine directe Messung der Tiefe des Eindringens einer Diamantspitze bei mässiger Belastung, wie sie ja bei solchen Versuchen nur angewendet werden kann, ist nun nicht wohl möglich, aber wir können dennoch auf einem Umwege dies erreichen, und die Tiefe des Eindringens einer solchen Spitze selbst bei den härtesten Mineralien bei mässiger Belastung ermitteln, und zwar in folgender Weise.

Denken wir uns, wir hätten einen genau meiselförmig geformten Diamantsplitter von der Breite eines Millimeters. Wir führen nun denselben stets in senkrechter Lage, seine Schneide stets genau horizontal und in derselben Orientirung mit constantem Drucke über die horizontale Krystallfläche, wir wollen annehmen 20 mm weit, so wird bei mässiger Belastung ein kaum bemerkbares Eindringen stattfinden. Wiederhole ich nun dieses Hinfahren über den Krystall 100 Mal oder 1000 Mal, so wird die Vertiefung 100 oder 1000 Mal tiefer. Wiege ich den Krystall vor dem Ritzen und nach demselben, so wird mir die Gewichtsdifferenz der beiden Wägungen, wenn ich das specifische Gewicht des Krystalles kenne, ganz genau die Tiefe der Rinne bestimmen lassen, da ja das Gewicht des weggeritzten Pulvers dividirt durch das specifische Gewicht des Krystalles das Volumen der abgekratzten Theile, deren Ausdehnung in unserem Falle 20 qmm beträgt, in Kubikmillimetern angiebt. Nehme ich nun an, was ja angenommen werden muss, dass unser Diamantmeisel beim jedesmaligen Ueberfahren des Krystalles unter gleicher Belastung gleich viel von demselben abhobelt, also um den

gleichen Betrag jedesmal tiefer eindringt, so erhalte ich leicht die Tiefe eines einmaligen Eindringens bei dieser Belastung, wenn ich die aus dem Gewichtsverluste der 20 qmm berechnete Gesammttiefe mit der Zahl der Ueberfahrungen dividire.

Man sieht auch ohne Weiteres, dass diese Methode den grossen Vortheil bietet, durch Vergrösserung der abgehobelten Fläche und durch beliebige Vermehrung der Zahl der Ueberhobelungen das Resultat nach Belieben sicherer zu gestalten, indem wenn 20 qmm und 100 mal wiederholtes Hobeln kein ausreichendes Resultat für die Gewichtsbestimmung liefert, beim folgenden Versuche über 100 qmm 500 mal oder noch öfter der Diamant geführt werden kann.

Nach diesem Principe nun habe ich eine Reihe von Krystallen auf ihre Härte geprüft und theile hier zunächst die Resultate mit, welche die Mineralien der Mohsischen Härteskala bis herauf zum Quarze geliefert haben. Ich werde eine genauere Beschreibung des dafür construirten Apparates in einer späteren Mittheilung liefern, da ich eben noch einige kleine, aber für den Gebrauch des Instrumentes sehr zweckmässige Verbesserungen an demselben anbringen lasse, die sich eben bei meinen bisherigen Untersuchungen mit demselben als wünschenswerth herausgestellt haben, und bemerke zum Verständniss der folgenden Angaben nur folgendes:

Der zum Abhobeln verwendete Diamantsplitter war in ein cylindrisches Messingstäbchen gefasst. Dasselbe stand stets senkrecht und ging ganz nahe seinem unteren Ende durch die Platte eines Schlittens, so dass es leicht in derselben auf- und abgleiten aber nicht wackeln oder sich drehen konnte, während es 5 cm ober der Platte nochmals durch eine durchbohrte Messingplatte ging, welche von einer auf derselben Schlittenplatte stehenden Säule getragen wurde und die Vorrichtung enthielt, welche das Drehen des Stäb-

chens um seine Achse verhinderte, ohne irgendwie seine leichte Beweglichkeit in senkrechter Richtung zu hemmen. Unter dieser Schlittenplatte befand sich nun der Krystall auf einem durch Stellschrauben, drehbare Scheibe, und kleinerer Schlitten zur Regulirung der Stellung des Krystalles versehenen Träger. An dem den Diamant tragenden Schlitten waren Hemmvorrichtungen, welche gestatteten den Gang desselben auf 20 oder 15 mm Länge u. s. f. zu fixiren. Der Schlitten mit dem Diamanten wurde nun mit der Hand langsam in möglichst gleichem Tempo hin und her bewegt, so dass ungefähr 1 Secunde zu einem Hin- und Herschieben der Platte verwendet wurde. Das Gewicht des Diamantenhalters, der oben einen kleinen Bleimantel trug, war etwas über 16 Gramme. Bei den weicheren Krystallen wurden in der Regel Streifen von 15 mm Länge und 3 mm Breite abgehobelt, bei den härteren wurde die Breite doppelt so gross genommen. Die Zahl der Hin- und Herbewegung des Schlittens variirte von 10 bis 50. Nach je 10 bis 50 Hin- und Hergängen wurde durch eine feine Mikrometerschraube der Krystall um $^1/_{10}$ mm rechtwinklig zum Wege des Diamanten vorgeschoben, so dass also darnach jeder Streifen von 1 mm Breite 100—500 mal (das letztere nur beim Bergkrystall) überhobelt wurde. Wie gleichmässig die Abtragung auch bei weicheren Krystallen geschieht, davon überzeugte ich mich bei Gyps und Glimmer unter dem Mikroskope. Wählt man hier dünne von parallelen Flächen begrenzte Platten, die also im polarisirten Lichte nur eine Farbe erkennen lassen, so sieht man dann nach dem Abhobeln den Streifen unter dem Mikroskope im polar. Lichte wiederum ganz gleichmässig einfärbig, natürlich aber mit andrer Farbe erscheinend.

Mit Ausnahme von Gyps und Glimmer wurden alle Krystallflächen möglichst fein vor dem Versuche geschliffen, da die natürlichen Flächen in einer Ausdehnung von min-

destens 15 mm Länge selten ganz eben bei andren als den genannten Krystallen zu finden sind.

Mit der grössten Sorgfalt wurden selbstverständlich die Wägungen vorgenommen, und zwar jedesmal vor wie nach dem Versuch an sämmtlichen Krystallen zweimal, zuerst in der Linken, dann in der rechten Wagschale. Das arithmetische Mittel [1]) zwischen je 2 solchen unmittelbar nach einander gemachten Wägungen wurde dann für die Rechnung zu Grunde gelegt. Leider stand mir bisher keine Wage zu Gebote, die weniger als $^1/_2$ Milligramme zuverlässig angegeben hätte, es sind daher für Quarz und Feldspath die Härtezahlen noch etwas unsicher, ich hoffe jedoch in meiner nächsten Mittheilung diesem Mangel nachhelfen zu können, indem ich bis dahin wohl eine feinere $^1/_{10}$ Milligramme noch angebende Wage zur Verfügung haben werde. Nach diesen Bemerkungen gehe ich nun zu einer kurzen Angabe der wichtigeren, bis jetzt gefundenen Resultate über:

1. Talk.

Flächeninhalt des gehobelten Streifens 45 mm Länge, 15 mm Breite. Verschieben des Krystalls mit der Mikrometerschraube um $^1/_{10}$ mm nach je 10 Hin- und Hergängen des Schlittens. Gewichtsverlust 8 mgr. Das Resultat ist deswegen wohl nicht ganz zuverlässig, weil am Ende des Streifens das abgehobelte Material ähnlich wie bei einem zähen Metalle noch etwas hängen blieb und nicht, wie bei den übrigen Krystallen mit einem feinen Pinsel völlig be-

1) Bekanntlich ist bei etwas ungleicher Länge der Balken, wie sie in geheizten Räumen leicht eintreten kann, eigentlich das wahre Gewicht gleich der Q.-Wurzel aus dem Producte der beiden Gewichte auf den 2 Wagschalen, doch ist bei so geringen Differenzen zwischen den letzteren, wie sie hier nur vorkommen können, dasselbe dem arithmetischen Mittel gleich zu setzen.

seitigt werden konnte. Die Tiefe des Streifens berechnete sich darnach, das specifische Gewicht des Talkes zu 2,75 angenommen, für 1000 Hin- und Hergänge zu 6,40 mm.

2. Gyps.

a) Parallel dem II. Bruch auf der Fäche des I. Bruches. Flächeninhalt des gehob. St. 64 qmm. Zahl der Hin- und Hergänge vor der Verschiebung 20. Gewichtsverlust 19 mgr.

Tiefe des gehob. Streifens auf 1000 Gänge berechnet 6,40.

b) Gyps parallel dem III. Bruch. Flächeninhalt des gehobelten Sreifens 70, Zahl der Hobelgänge 10, Gewichtsverlust 8. Spec. Gewicht 2,31.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 4,94.

3. Kalkspath.

a) Rhomboëderfläche parallel der kurzen Diagonale. Flächeninhalt des gehob. Streifens 80, Zahl der Gänge 25, Gewichtsverlust 7 mgr. Spec. Gewicht 2,72.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 1,28.

b) Rhomboëderfläche ‖ der Querdiagonale. Flächeninhalt und Zahl der Gänge wie bei a). Gewichtsverlust 12,5 mgr.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 2,30.

c) Auf der I. Säulenfläche: horizontal (parallel Achse a). Flächeninhalt des gehob. Streifens 70, Zahl der Gänge 25. Gewichtsverlust $2^3/_4$ mgr.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,57 mm.

d) I. Säulenfläche: senkrecht (parallel der Hauptachse c). Flächeninhalt des Streifens 75, Zahl der Gänge 25. Gewichtsverlust nur $^1/_2$ mm vollkommen übereinstimmend bei mehreren Versuchen.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,10 mm.

e) Gerade Endfläche parallel der Linie, welche die Spaltungsrichtung auf der Endfläche bildete. Flächeninhalt

des gehob. Streifens 77,5, Zahl der Gänge 20. Gewichtsverlust 26,5 mgr.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 6,30 mm.

Das Resultat ist nicht ganz sicher, die Fläche hobelte sich insoferne schlecht, als offenbar kleine, vom Abspringen der Rhomboëdereckchen entstandene Vertiefungen sich bildeten, welche tiefer als die Diamantschneide hinabreichten und das Resultat etwas zu hoch erscheinen lassen. In diesem Falle scheint eine geringere Belastung des Diamanten angezeigt.

Noch mehr war dieses Ausspringen bemerkbar in der Richtung senkrecht zu der Richtung e; auch hier muss mit geringerer Belastung gearbeitet werden. Um jedoch die verschiedenen Mineralien mit einander vergleichbar zu erhalten, habe ich bis jetzt solche Versuche mit geringerer Belastung noch nicht vorgenommen, werde sie aber noch anstellen.

4. Flussspath.

a) Octaëderfläche parallel den Kanten. Flächeninhalt des gehob. Streifens 70 qmm, Zahl der Gänge 40, Gewichtsverlust 4,75 mgr. Spec. Gewicht 3,18.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,65 mm.

b) Würfelfläche parallel der Kante H : O. Flächeninhalt des gehob. Streifens 80 qmm, Zahl der Gänge 20. Gewichtsverlust 5 mgr.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,95 mm.

c) Würfelfläche parallel der Würfelkante. Flächeninhalt und Zahl der Gänge = b). Gewichtsverlust 1 mgr.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,19 mm.

5. Apatit.

a) Gerade Endfläche senkrecht zu 2 Säulenflächen (∥ s). Flächeninhalt des gehob. Streifens 80 qmm, Zahl der Gänge 25, Gewichtsverlust 4,75. Spec. Gewicht 3,20.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,72 mm.

b) I. Säule parallel a (horizontal). Flächeninhalt des gehob. Streifens 100 qmm, Zahl der Gänge 25. Gewichtsverlust 4,5.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,56 mm.

c) I. Säule parallel c (senkrecht). Flächeninhalt des gehobelten Streifens 75, Zahl der Gänge 25. Gewichtsverlust 0,5 mgr.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,08.

Auch diese Resultate, namentlich die unter a) und b) enthaltenen, sind nicht ganz sicher. Der Krystall zeigte wie alle grösseren Apatite vielfach feine Risse, deren Ränder der Diamant etwas mehr angreifen muss. Die Resultate a) und b) sind daher wohl im Sinne einer geringeren Tiefe etwas zu corrigiren.

6. Adular.

a) Auf der Fläche P parallel der Achse b (Orthodiagonale). Flächeninhalt des gehob. Streifens 90, Zahl der Gänge 30, Gewichtsverlust 0,5. Spec. Gewicht 2,50.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,07 mm.

b) Auf derselben Fläche parallel a (Klinodiagonale). Flächeninhalt des gehob. Streifens und Zahl der Gänge = a). Gewichtsverlust 0,25 mgr.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,035.

c) Auf der Fläche M parallel der Achse a. Flächeninhalt des gehob. Streifens 90, Zahl der Gänge 35. Gewichtsverlust 0,25 mgr.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,030.

d) Auf M parallel der Kante M : T. (c). Flächeninhalt des gehob. Streifens 76 qmm, Zahl der Gänge 40. Gewichtsverlust 0,5 mgr.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,065.

Diese Resultate sind alle deswegen unsicher, weil der Gewichtsverlust mit der mir zu Gebote stehenden Wage natürlich nicht genau zu bestimmen war und gerade hier ein Fehler von auch nur $^1/_8$ mgr. das Resultat erheblich beeinträchtigt. Die Belastung dürfte hier etwas höher genommen, oder die Zahl der Gänge bedeutend erhöht werden.

7. Bergkrystall.

a) Endfläche. Flächeninhalt des gehobelten Streifens 120 qmm, Zahl der Gänge 50, Gewichtsverlust 0,4 mgr. Spec. Gewicht 2,65.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,024 mm.

b) Säulenfläche parallel der Hauptachse. Flächeninhalt und Zahl der Gänge = a). Gewichtsverlust 0,2.

Die Endfläche hobelte sich noch ganz gut, so dass am Ende des Streifens sich noch eine ziemliche Menge feinen Staubes ansammelte.

Bei der Säulenfläche war die Menge des Staubes kaum mehr als ein kleiner Wall bemerkbar und wurde nur seiner Menge nach im Verhältniss der Menge von a auf $^1/_5$ mgr geschätzt. Darnach berechnete sich die Tiefe des Streifens für 1000 Gänge auf 0,012 mm.

Die schon für Adular und Bergkrystall unsicheren Werthe liessen mich davon absehen, mit dem Diamanten bei so geringer Belastung Versuche an Topas und Korund vorzunehmen.

Von andren erwähne ich hier nur noch

8. den Glimmer (bräunlicher von N. Yook).

a) Parallel einem der feinen Spältchen, die nach Reusch durch einen Schlag auf einen Körner erzeugt werden. Flächeninhalt des gehobelten Streifens 80 qmm, Zahl der Gänge 15, Gewichtsverlust 5 mgr. Spec. Gewicht 2,8.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 1,48 mm.

b) Senkrecht auf der Richtung a. Flächeninhalt des gehob. Streifens 80 qmm, Zahl der Gänge 20. Gewichtsverlust 4 mgr.

Tiefe auf 1000 Gänge berechnet 0,90 mm.

Lassen wir nun die Voraussetzung als richtig gelten, dass die Härte der Mineralien genau im umgekehrten Verhältnisse zu der bei gleicher Belastung und gleicher Zahl der Gänge der Diamantenschneide über die Krystallfläche erzeugten Tiefe der Hobelrinne sei, so würden wir aus den vorstehenden Tiefenwerthen folgende Härtegrade, die des Talkes als 1 angenommen, erhalten:

Talk (Spaltungsfläche)				1
Gyps	|| II. Bruch		(Vers. 2 a)	1
„	|| III. Bruch		(Vers. 2 b)	1,3
Kalkspath	Endfläche		(Vers. 3 e)	1,01
„	Rhomboëderfl.	Querdiagonale	(Vers. 3 b)	2,7
„	„	Poldiagonale	(Vers. 3 a)	5,00
„	Säulenfläche	|| a	(Vers. 3 c)	11,2
„	„	|| c	(Vers. 3 d)	64,0
Flussspath	Würfelfläche	|| Kante H : O	(Vers. 3 b)	6,7
„	Octaëderfl.		(Vers. 4 a)	9,8
„	Würfelfl.	|| Würfelkante	(Vers. 4 c)	33,6
Apatit	Endfläche	|| 5	(Vers. 5 a)	8,8
„	Säulenfl.	|| a	(Vers. 5 b)	11,4
„	„	|| c	(Vers. 5 c)	80,0
Adular	auf P	|| b	(Vers. 6 a)	91,4
„	„ M	|| c	(Vers. 6 d)	98,4
„	„ P	|| a	(Vers. 6 b)	182,8
„	„ M	|| a	(Vers. 6 c)	213,0
Bergkrystall	auf Endfläche		(Vers. 7 a)	266
„	„ Säule		(Vers. 7 b)	536

Wenn nun auch die letzten Zahlen noch manche Correction erfahren dürften, welche in Folge einer Verbesserung

des Verfahrens an der Hand der vorliegenden Erfahrungen leicht zu bewerkstelligen sind, so ist doch jedenfalls durch dieselben der Beweis geliefert, dass der eingeschlagene Weg der richtige ist, und dass man auf demselben sicher zu dem Ziele, die absolute Härte der Mineralien bestimmen zu können, gelangen wird. Ich hoffe bald im Stande zu sein, eine Reihe anderweitiger und sicherer Beobachtungen nach dieser Methode mittheilen zu können, an die sich dann besser, als an die vorliegenden die Discussion allgemeiner Fragen in Beziehung auf die Härte anschliessen lässt.

Herr Vogel trägt vor:

„Ueber die Chininreaktion mit Ferrocyankalium."

Schon vor einer Reihe von Jahren habe ich die Ehre gehabt, der Classe über die von mir entdeckte Farbenreaktion auf Chininsulfat mit Chlorwasser und Ferrocyankalium, wodurch eine tiefdunkelrothe Färbung entsteht, Bericht zu erstatten.[1]) Die auffallende Reaktion, in die verschiedensten Hand- und Lehrbücher übergegangen, ist selbstverständlich vielfach zum Gegenstande wiederholter Bearbeitung und Besprechung geworden. Neuerer Zeit hatte ich bei den praktischen Arbeiten im Laboratorium häufig Veranlassung, diese Reaktion ausführen zu lassen, und da ich natürlich die Arbeiten und die Einwürfe Anderer bezüglich der von mir zuerst angegebenen Reaktion von jeher stets mit grossem Interesse verfolgte, so dürfte es angemessen erscheinen, meine seitdem gemachten Erfahrungen zusammenzustellen, um so mehr, da ich glaube, einige Verbesserungen, um die Reaktion mit noch grösserer Sicherheit, als es bisher möglich war. ausführen zu können, aufgefunden zu haben.

Vor Allem ist nicht ausser Acht zu lassen, dass die an und für sich auffallende Reaktion — eine mit Farbenveränderung verbundene Reaktion einer organischen Salzbasis, wie wir deren bekanntlich nur sehr wenige besitzen, — stets eine etwas complicirtere Operation ist und desshalb auch der

1) Gelehrte Anzeigen. Bd. 40. S. 66.

Natur der Sache nach nicht so unfehlbar, als z. B. die Fällung der Schwefelsäure durch Bariumnitrat, indem gewöhnlich die Reaktionen auf organische Salzbasis eine Aufeinanderfolge verschiedener Reagentien von bestimmter Concentration nothwendig machen, und auch eine gewisse Geschicklichkeit, oftmalige Wiederholung voraussetzt. Diess sind wohl Hauptgründe, weshalb diese Chininprobe mitunter von Einzelnen nicht bestätigt gefunden wurde. Ich muss zugeben, dass Kletzinsky im Rechte ist, wenn er die Reaktion als eine mit „launenhaften Schwankungen" erschwerte bezeichnet. Nach Kletzinsky's Angabe wird eine in der Siedhitze gesättigte Lösung von Ferrocyankalium noch siedendheiss mit der fünffachen Menge des stärksten Chlorwassers versetzt, die dunkelschwarzgrüne Lösung vermischt man mit Ammoniak bis zur stark alkalischen Reaktion, filtrirt von den ausgeschiedenen rostbraunen Flecken von Eisenoxydhydrat ab und bewahrt das braunrothe bis olivenfarbige klare, ammoniakalische Präparat in wohlverkorkten Flaschen auf. Dieses Reagens verträgt immerhin keine sehr lange Aufbewahrung und es wird desshalb die jedesmalige Bereitung desselben ex tempore angerathen. Da ausserdem vor Anwendung des Reagens auf schwefelsaures Chinin doch Chlorwasser zugesetzt werden muss, um die charakteristische rothe oder violette Färbung zu erhalten, so ist dadurch ein wichtiges Moment der launenhaften Schwankungen dieser Reaktion leider nicht beseitigt, indem, wie ich mich durch oft wiederholte Versuche überzeugt habe, ein zu geringer oder zu grosser Ueberschuss von Chlorwasser auf das Gelingen des Versuchs nicht ohne Einfluss ist. Ebenso erscheint es nicht gleichgültig, ob das Chlorwasser frisch bereitet oder älter ist. Nach meinem bisherigen Verfahren wird eine in der Siedhitze gesättigte und wieder abgekühlte Lösung von Ferrocyankalium mit einer concentrirten wässrigen Lösung von Ammoniumcarbonat bis zur deutlich alkalischen Reaktion

versetzt. In der kalt bereiteten Lösung von Chininsulfat, nachdem sie ungefähr mit dem gleichen Volumen Chlorwassers vermischt worden, bringt die eben beschriebene Flüssigkeit, bestehend aus Ferrocyankalium und Ammoniumcarbonat, sogleich die rothe Färbung hervor, welche sich einige Zeit unverändert erhält, endlich aber gewöhnlich in's Hellgrüne übergeht.

Neuerer Zeit habe ich bei den praktischen Arbeiten im Laboratorium häufig Veranlassung gefunden, diese Reaktion zur Ausführung zu bringen. Die bei dieser Gelegenheit aufgefundenen Resultate liefern nach meinem Dafürhalten eine Verbesserung der Reaktion und können jedenfalls als ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der so viel besprochenen Chininprobe dienen.

Es ist schon oben erwähnt worden, dass die Natur des Chlorwassers, ob frisch oder schon länger bereitet, auf den Erfolg des Versuchs nicht ohne Einfluss erscheint. Ich habe daher das Chlorwasser durch Bromwasser ersetzt. Bromwasser kann jederzeit in geeigneter Concentration durch Auflösen eines Tropfens Brom in Wasser ex tempore hergestellt werden, und gewährt daher den Vortheil eines immer gleichmässigen Präparates, wie solches mit dem Chlorwasser nicht der Fall ist.

Wenn einerseits durch die Einführung des Bromwassers statt des Chlorwassers in die Reaktion die Sicherheit derselben erhöht wird, so erscheint andererseits die Empfindlichkeit der Reaktion durch diese Veränderung wesentlich gefördert. In meiner Arbeit (a. a. O.) über diesen Gegenstand habe ich die Empfindlichkeit meiner Chininprobe zu $\frac{1}{5000}$ angegeben, indem 1 Vol. kalt gesättigter Chininsulfatlösung mit 3 Vol., sogar mit 5 Vol. Wasser verdünnt, die Reaktion noch sehr deutlich zeigt. Hiebei ist die Löslichkeit des Chininsulfates von 1 Thl. Chininsulfat zu 740 Thln. kalten

Wassers (nach Baup) angenommen. Ueber die Löslichkeit des Chininsulfates gehen die Angaben einigermassen auseinander, die deutsche Pharmakopoë bezeichnet das Löslichkeitsverhältniss des Chininsulfates zum Wasser = 1 : 600, Strecker das Wasserlöslichkeitsverhältniss = 1 : 800. Nach meinem Dafürhalten beruhen diese Schwankungen im Wasserlöslichkeitsverhältniss des Chininsulfates auf der Verschiedenheit des Wassergehaltes dieses Salzes. Bekanntlich verlieren die weichen seidenglänzenden lockeren Blättchen und Nadeln, in welchen sich das Chininsulfat darstellt, an trockner Luft durch Verwitterung $^3/_4$ seines Krystallisationswassers, von 7 Mol. seines Krystallwassers 5 Mol., welches 10,75 Proc. Wasser entspricht. Ich habe käufliches Chininsulfat, ein weisses krystallinisches Pulver, so lange über Schwefelsäure getrocknet, bis dass das Gewicht sich constant zeigte; die Löslichkeitsversuche beziehen sich auf dieses Präparat. Dieselben ergaben in mehreren nahe übereinstimmenden Ausführungen durchschnittlich die Löslichkeit eines Theiles Chininsulfates in 780 Theilen Wasser. Hienach wäre die Reaktion von einer Empfindlichkeit, dass noch $\frac{1}{15000}$ Chininsulfat ungefähr dadurch entdeckt werden könnte.

Es war mir auffallend, eine sehr alte Angabe (Brandes und Leber) über eine rothe Chininsulfatreaktion aufgefunden zu haben. „Eine Auflösung von Chininsulfat, die man mit Chlor gesättigt hat, nimmt bei Uebersättigung mit Ammoniak eine grasgrüne Farbe an, und es schlägt sich ein körniges chlorfreies Pulver von derselben Farbe nieder. Die rückbleibende Flüssigkeit wird an der Luft braun und liefert abgedampft einen Rückstand, der sich in Alkohol mit rother Farbe löst.“ Ob die eben beschriebene rothe Lösung des Rückstandes auch eintritt, wenn Bromwasser statt des Chlorwassers zugesetzt worden, darüber fehlt mir vorläufig experimentelle Erfahrung. Wenn sich diese Angabe bestätigt,

worüber ich zur Zeit, wie bemerkt, keine Erfahrung habe, so scheint es beinahe, dass Ferrocyankalium bei Hervorbringung der rothen Farbe in diesem Falle nur eine Nebenrolle übernimmt. Ueberhaupt zeigt das Chininsulfat ausgesprochene Neigung zu röthlichen Reaktionen Veranlassung zu geben; wissen wir ja doch, dass Chininsulfat beim Erhitzen mitunter sich roth färbt. „Beim Erhitzen ist das Chininsulfat schmelzbar und die geschmolzene Masse wird bei stärkerem Erhitzen roth.“ [1])

Man kann diese Röthung besonders gut beobachten, wenn man eine weingeistige Lösung von Chininsulfat in einer Porzellanschale verdampft, so dass eine dünne Schichte Chininsulfates die Wandungen der Porzellanschale überzieht. Bei stärkerem vorsichtigem Erwärmen färbt sich die geschmolzene Masse purpurroth. Durch Behandeln mit kochendem Alkohol entsteht eine rothe Lösung, welche sich auf Zusatz eines Alkali's entfärbt.

Schon früher habe ich (a. a. O.) hervorgehoben, dass zur vollkommenen Sicherheit der Reaktion der Lösung des Chininsulfates nach Bromwasser und Ferrocyankalium etwas Alkali zugefügt werden müsse. Hiezu habe ich bisher Ammoniumcarbonat verwendet. Nach neueren Versuchen möchte ich als diesen alkalischen Zusatz statt des Ammoniumcarbonates Dinatriumphosphat- oder Boraxlösung in Vorschlag bringen, weil mitunter in einem Ueberschuss von Ammoniumcarbonat die Röthung wieder verschwindet, was mit Dinatriumphosphat- und Boraxlösung nach meinen Erfahrungen nicht der Fall ist.

Die mit Bromwasser und Ferrocyankalium versetzte Chininsulfatlösung gibt Veranlassung, die sehr schwache alkalische Reaktion einiger Substanzen, wie solche wegen ihrer geringen Intensität in Vorlesungen wenigstens schwierig

1) Vogel, Lehrbuch der Chemie. II. S. S. 353.

nachzuweisen ist, in deutlicher Weise zu zeigen. Man weiss, dass feingepulverter Marmor auf schwach geröthetes benetztes Lakmuspapier gebracht, nach einiger Zeit der Einwirkung einen bläulichen Flecken zurücklässt. Bringt man in eine mit Bromwasser und Ferrocyankalium versetzte Chininsulfatlösung ein Stück carrarischen Marmors, so überzieht sich dasselbe alsbald mit einer röthlichen Zone; ebenso ein Stück Feldspath; auch Glaspulver zeigt diese Erscheinung.

Um im Harn Spuren von Chininsulfat nachzuweisen, ist diese Chininprobe, wie solches schon früher Kletzinsky dargethan, ganz geeignet. Hiezu ist erforderlich, den auf Chininsulfat zu untersuchenden Harn mit gebrannter Magnesia bis zum Auftreten der schwach alkalischen Reaktion zu vermengen, denselben im Wasserbade bis zur Trockne abzurauchen und den Rückstand mit Alkohol und Aether auszuziehen. Die filtrirten wieder eingedampften Auszüge werden in Aether gelöst, mit Salzsäure schwach angesäuert und mit Bromwasser versetzt. Durch Beifügung von Ferrocyankalium und Dinatriumphosphat entsteht bei Gegenwart von Chininsulfat sogleich die charakteristisch rothe Färbung.

Livonius hat die Reaktion angewendet[1]), um in der Tinctura Chinae simplex, sowie in dem kalten Auszuge der China regia Chinin nachzuweisen. Ich kann diess vollkommen bestätigen; der Versuch gelingt auch mit Tinctura Chinae comp., dem sogenannten Robert Whytt. Was aber den Nachweis des Chinins in Rinden von zweifelhaftem Chiningehalte betrifft, so vermag ich ein Bedenken nicht zu unterdrücken. Rinden enthalten wie bekannt fast ausnahmsweise Tannin. Gerbsäure liefert aber bekanntlich mit Alkalien, die doch bei dieser Reaktion zur Anwendung gelangen, die mannichfachsten Farbennuancen. Mit Kalkwasser z. B. entsteht durch Galläpfeltinktur grüne und blaue Färbung, bei

1) Archiv der Pharmacie. 127. 56.

einem grossen Ueberschuss von Kalkwasser sogar rosenrothe Färbung, — ein Gegenstand, auf welchen ich demnächst näher einzugehen mir vorbehalte. Jedenfalls dürfte daher in dieser Beziehung besondere Vorsicht am Platze sein. Da eine wässrige Lösung von Chininsulfat durch salmiakhaltige Gelatinlösung, wie solche zur quantitativen Werthbestimung der Gerbmaterialien im Gebrauche steht, nicht gefällt wird, so könnte hierauf vielleicht eine Trennung des Chinins von Tannin begründet werden, wodurch die Reaktion eventuell ermöglicht würde. --

Von Herrn v. Bezold wird eine in der kgl. bayer. meteorologischen Centralstation ausgeführte Arbeit des Herrn Fritz Erk:

„Die Bestimmung wahrer Temperaturtagesmittel unter besonderer Berücksichtigung des Gangs der Temperatur in Süddeutschland"

vorgelegt, welche in den Denkschriften erscheinen wird.

Herr v. Voit berichtet die Hauptresultate einer in seinem Laboratorium von Herrn Dr. Max Rubner ausgeführten Untersuchung:

„Ueber den Werth der Weizenkleie für die Ernährung des Menschen."

Es ist durch frühere aus meinem Laboratorium hervorgegangene Arbeiten dargethan worden, dass die verschiedenen Brodsorten in sehr ungleichem Grade im Darmkanale des Menschen verwerthet werden: Das Weissbrod (die Semmel, sowie die übrigen gebräuchlichen Gebäcke aus Mehl) wird am besten ausgenützt, weniger gut das gewöhnliche Schwarzbrod, am schlechtesten der mit grober Kleie gebackene Pumpernickel. Die tägliche Menge des trockenen Kothes betrug nach Aufnahme gleicher Menge Trockensubstanz bei Semmel 25 gr, bei Schwarzbrod 44 gr, bei Pumpernickel 82 gr. Bei dem Schwarzbrod konnte damals die starke Säuerung, bei dem Pumpernickel ausserdem noch die Reizung der Darmschleimhaut durch die rauhe Kleie als Ursachen des beträchtlichen Verlustes an Nahrungsstoffen bezeichnet werden.

Trotz diesen Erfahrungen wurde nach wie vor das Zubacken der Kleie zum Brod vielfach empfohlen, da sie noch stickstoffhaltige Substanz und namentlich Salze einschliesse; man untersuchte aber nicht, ob diese Bestandtheile der Kleie auch dem Körper zu Gute kommen und ob die Kleie nicht noch Theile der übrigen Nahrung mit sich fortreisst.

Vor Allem ist in England eine Agitation für das Kleienbrod im Gange; es hat sich dort ein förmlicher Verein gebildet, an dessen Spitze alle möglichen Herzoge und Herzoginnen, Lords und Ladies stehen, welcher das Zubacken von Kleie zum Brode empfiehlt, da dadurch das Getreide von dem Menschen mehr ausgenützt werde und da das Kleienbrod nahrhafter sei. Es ist jedoch klar, dass nur durch direkte Ernährungsversuche am Menschen diese namentlich national-ökonomisch wichtige Frage entschieden werden kann; sie ist nicht von vornherein durch die bis jetzt vorliegenden Versuche zu beantworten, da in England nicht grobe Kleie zum Brod zugebacken wird, sondern die Kleie vorher fein vermahlen wird. Es wäre wohl möglich, dass in solchem feinen Zustande die Kleie für die Ernährung des Menschen einen Vortheil darböte.

Herr Dr. Rubner untersuchte nun das Brod aus drei Mehlsorten, welche uns aus England durch die Güte des Herrn Henry Simon zugekommen waren, auf ihre Ausnützung im Darm des Menschen, 1. eine feinste Sorte, 2. eine mittlere Sorte und 3. Mehl von ganzen Korn mit der Kleie. Der Teig wird mit Presshefe angemacht.

Es wurden nun im Koth, in Prozent der verzehrten Substanz ausgedrückt, unbenützt wieder entfernt:

	von der Mehlsorte		
	Nro. 1	Nro. 2	Nro. 3
von der Trockensubstanz . . .	4.0	6.7	12.2
vom Stickstoff	20.1	24.6	30.5
von den Kohlehydraten . . .	1.1	2.6	7.4

Die Quantität des trockenen Kothes war demnach nach Aufnahme des Kleienbrodes wesentlich grösser als bei den beiden anderen Brodsorten, namentlich enthält der Koth dabei mehr Kohlehydrate. Aber es liess sich zeigen, dass das Plus von Koth bei Kleiezufuhr vorzüglich aus den un-

verdaulichen Hülsen der Kleie abstammt, ja dass sogar von der Kleie ein nicht unbeträchtlicher Theil der stickstoffhaltigen Substanz und der Kohlehydrate resorbirt wird; es ist daher die Ausnützung des Brodes mit der zerkleinerten Kleie wesentlich besser als die von Brod mit grober Kleie (Pumpernickel oder gewöhnliches Schrotbrod).

Bei Erörterung der Ursachen der schlechteren Ausnützung des Kleienbrods könnte man zunächst an eine Reizung der Darmwand durch die Kleie denken und an eine dadurch bedingte raschere Entleerung des Darminhaltes; es ergab sich aber aus den Versuchen, dass der Darmkanal vom Kleienbrod nicht schneller durchwandert wird wie von anderen Brodsorten; die reichlichere Kothmenge durch die unverdaute Hülsensubstanz macht daher die Kothentleerung nicht rascher, letztere erfolgt vielmehr bei Nro. 3 langsamer als bei Nro. 1 und 2. Das Haupthinderniss für die genügende Verwerthung der in der Kleie enthaltenen Nahrungsstoffe ist vielmehr die Einhüllung derselben in die Cellulosewandungen der Hülsenzellen der Kleie; in den Zellen der Kleie findet sich Kleber eingeschlossen, der nur zum Theil verdaut wird. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass bei noch feinerer Vermahlung der Kleie mehr davon verwerthet wird.

Nach Aufnahme des Brodes Nro. 1 und Nro. 2 enthält der Koth prozentig etwas mehr Wasser und mehr Säure (vorzüglich Buttersäure). Die stärkere Säure bedingt bei Nro. 1 und Nro. 2 die etwas raschere Defäkation gegenüber Nro. 3 und dadurch auch den grösseren Wassergehalt des Koths. Die saure Gährung des Koths nimmt von Tag zu Tag zu, da dieselbe an den späteren Tagen in Folge der Inficirung durch den sauren Koth der vorausgehenden Tage immer leichter eintritt. Dabei nimmt der Indigogehalt des Harns, der von der Gährung des Eiweisses im Darm unter Bildung von Indol herrührt, allmählig ab, indem die buttersaure Gährung die Eiweissfäulniss verhindert. Auch die bei der

buttersauren Gährung stattfindende Gasentwicklung trägt neben der Säuerung etwas zur raschen Entfernung des Kothes bei. Trotz des prozentig grösseren Säuregehaltes des Kothes bei der feineren Brodsorte gehen die feineren Mehle doch schwieriger in Gährung über, leichter das Roggenmehl; Zusatz von Sauerteig begünstiget die Gährung. Wenn man aber den Gehalt des Kothes an Kleie berücksichtiget, die ja zur Gährung kein Material liefert, dann findet sich nach Aufnahme des Brodes Nro. 3 absolut mehr Säure als in dem von Nro. 2, und in dem von Nro. 2 mehr als in dem von Nro. 1.

Ausschliesslich vom Standpunkte der menschlichen Ernährung und der Ausnützung im menschlichen Darm aus betrachtet, lässt sich nach diesen Resultaten Dr. Rubner's nichts gegen das Beibacken der feinvermahlenen Kleie zum Brod sagen; vielleicht könnte sogar bei noch feinerem Vermahlen der Kleie noch mehr von den Bestandtheilen der letzteren resorbirt werden. Man erhält in der That durch Zubacken der Kleie nicht nur mehr Brod aus der gleichen Quantität Körnerfrucht, sondern es wird auch ein Theil der Kleie verwerthet und die übrige Ausnützung nicht ungünstiger.

Es frägt sich aber, ob sich vom volkswirthschaftlichen Standpunkte aus das Zubacken von Kleie rechtfertigen lässt.

Zunächst lässt sich zeigen, dass dadurch der Geldgewinn bis jetzt kein erheblicher ist; denn berechnet man nach dem dahier üblichen Preise der Kleie die Kosten des Kleienbrodes, so stellt sich dasselbe zwar etwas wohlfeiler als das gewöhnliche Brod, das Mehl aus ganzem Korn ist jedoch in England der geringeren Nachfrage halber noch wesentlich theurer als das gewöhnliche Mehl, so dass im Momente für die arme Bevölkerung noch kein pekuniärer Nutzen aus dem Zubacken der Kleie zum Brode resultirt.

Ein Gewinn von resorbirbarer Nährsubstanz tritt ferner

nur dann ein, wenn die Kleie nicht zu anderen Zwecken verwendet werden kann. Wir wissen aber, dass die pflanzenfressenden Thiere z. B. die Rinder, Pferde, Schweine etc. die Kleie weitaus besser auslaugen als der Mensch; es geht also derjenige Theil der Kleie, welchen der Mensch nicht verwerthet, wohl aber das Thier, bei Aufnahme der Kleie vom Menschen zu Verlust. Es ist als ob wir diesen noch vom Thier verwerthbaren Theil der Kleie auf den Mist schütten würden, was einen indirekten Verlust auch für die Ernährung des Menschen bedeutet.

Es wird weiterhin der ärmere Theil der Bevölkerung mehr zu zahlen haben, wenn das Kleienbrod allgemein, auch bei den vermögenderen Classen eingeführt werden sollte. Denn jetzt isst der Aermere die wohlfeileren dunkeln Mehlsorten, der Reichere die theuren feineren, d. h. der Reichere macht, dass der Aermere wohlfeileres Brod erhält, was mit dem allgemeinen Verbrauch von Kleienbrod wegfällt.

Man ist ausserdem nicht im Stande, das Kleienbrod in einem solchen Quantum zu verzehren, wie der Arbeiter es zu seiner Nahrung nöthig hat. Der Mann, welchen Dr. Rubner zu den Versuchen benützte, vermochte nur mit Mühe die Menge Kleienbrodes zu bewältigen, welche er vom gewöhnlichen Brode leicht zu sich nahm. Die zähen Kleienstückchen bleiben zwischen den Zähnen hängen und man muss trotz gleichem Trockengehalte des Brodes erheblich mehr Wasser aufnehmen als sonst, ja es war der Mann zuletzt genöthigt das Brod in Wasser einzutauchen, um es verschlucken zu können.

Der reiche Engländer, der etwas Kleienbrod zu seiner übrigen fast ausschliesslich animalischen Nahrung geniesst, empfindet allerdings von diesen Unzukömmlichkeiten nichts, ja er wird seiner Empfindung nach das Kleienbrod als ausgezeichnet preisen, da es ihm einen regelmässigen Stuhlgang verschafft, während bei der fleischreichen Kost nur selten

und wenig Koth entleert wird. Diese unter solchen Umständen ganz vortreffliche Eigenschaft des Kleienbrodes hat aber mit seinem Nährwerth nichts zu thun.

Man wird für die ärmere Bevölkerung viel mehr erreichen und besser für sie sorgen, wenn man sich um eine zweckmässigere rationellere Einrichtung ihres ganzen Nahrungshaushaltes bemüht, wie man es jetzt in Deutschland besonders anstrebt, als wenn man ohne Berücksichtigung der Erfahrungen der Wissenschaft, nur einer unbegründeten Meinung folgend, allgemein Kleienbrod verzehrt und dem menschlichen Darm Dasjenige aufbürdet, was der Darm des Thieres viel besser thun kann.

Sitzung vom 3. März 1883.

Herr Brill legt eine Abhandlung von Herrn Dr. W. Hess in München vor:

„Ueber die Biegung und Drillung eines unendlich dünnen elastischen Stabes."

Wirken auf das eine Ende eines geraden und ungedrillten elastischen Stabes von cylindrischer Gestalt und im Verhältnis zur Länge des Stabes sehr dünnem Querschnitte (eines Drahtes) irgend welche Kräfte ein, während das andere Ende festgehalten bleibt, so wird die gerade elastische Centrallinie oder die Achse des Stabes, d. i. die Verbindungslinie der Trägheitsmittelpunkte der einzelnen Querschnitte, in eine Curve gebogen. In jedem Punkte P dieser Curve setzt der Stab der beabsichtigten Deformation Widerstände entgegen, welche nach 3 durch P zu einander senkrechten Achsen wirkend gedacht werden können: nach den 2 Hauptträgheitsachsen des Querschnittes (Hauptwiderstandsmomente gegen Biegung) und nach der Tangente an die Centrallinie in P (Hauptwiderstandsmoment gegen Drillung). Reducieren sich die wirkenden Kräfte auf eine Einzelkraft, deren Richtung in die Ebene aus der geraden Stabachse und einer der Hauptträgheitsachsen des Querschnitts fällt, so ist die Gleichgewichtsfigur der Centrallinie eine ebene Curve, die sogenannte elastische Linie.

Die Eigenschaft derselben, in jedem Punkte eine dem Momente der Kraft proportionale Krümmung zu besitzen,

wurde bekanntlich von Jacob Bernoulli[1]) entdeckt. Die Gleichung, ausgedrückt durch ein elliptisches Integral 1. Gattung, wurde von Euler[1]) und Lagrange[1]) gefunden, und es stellte Ersterer[2]) mit Hilfe von Reihenentwicklungen und durch Betrachtung der Differentialgleichung der Curve für diese letztere 9 verschiedene Formen auf.

Die elastische Linie doppelter Krümmung hingegen war nicht so einfach zu charakterisieren. Lagrange[1]) versuchte zwar, das Bernoulli'sche Theorem von der Proportionalität der Krümmung ohne Weiteres auf die Raumcurve zu übertragen, er übersah jedoch, dass bei der Deformation des Drahtes die einzelnen Querschnitte in ihren Ebenen Drehungen erfahren, wodurch sie einen Widerstand, den gegen Torsion, zu überwinden haben. Poisson[1]) vervollständigte die Lagrange'schen Gleichgewichtsbedingungen durch Hinzufügen eines Terms, welcher auf das Torsionsmoment Rücksicht nimmt; freilich setzte er das letztere constant voraus für jeden Punkt der Centrallinie, was nur für einen Stab erfüllt ist, dessen Querschnitt bezüglich aller durch seinen Mittelpunkt gezogenen Geraden gleiches Trägheitsmoment besitzt. Es waren daher die Integrationen der Poisson'schen Gleichungen durch Binet[3]) und Wantzel[3]) nur für einen solchen, in allen Richtungen gleich biegsamen Draht giltig.

Erst Kirchhoff[4]) hat die strengen Bedingungen für das Gleichgewicht des elastischen Drahtes in endgiltiger Form aufgestellt und dabei die Bemerkung gemacht, dass dieselben genau mit denjenigen Gleichungen übereinstimmen, welche

---

1) Vgl. hierüber die Literaturangabe in Navier: de la résistance des corps solides (XII—XXII). Paris, bei Dunod. 1874. 8^0.

2) De curvis elasticis. Additamentum primum zu Methodus inveniendi lineas curvas etc. Lausanne und Genf 1744. 4^0.

3) Comptes rendus, Bd. 18, 1115—1119. Ibidem 1197—1201.

4) Ueber das Gleichgewicht und die Bewegung eines unendlich dünnen elastischen Stabes. Crelle's J. 56. p. 285—313.

die Bewegung eines um einen festen Punkt rotierenden starren Körpers definieren. Durch diese Uebereinstimmung zweier ganz verschiedener Probleme ist somit nicht nur die Möglichkeit geboten, die expliciten Formeln, welche für die Bewegung bereits aufgestellt sind, für die Bestimmung der Gleichgewichtszustände des Stabes zu verwerten, sondern auch Schritt für Schritt jedem Vorgange bei der Rotation des Körpers einen äquivalenten bei der Deformation des Drahtes gegenüberzustellen und umgekehrt aus der wechselseitigen Beziehung beider Probleme vielleicht zu neuen Fragen für das erstere zu gelangen. Eine derartige Uebertragung scheint bisher, obgleich die Bewegung eines starren Körpers um einen festen Punkt bereits für mehrere Fälle gelöst ist, noch nicht versucht worden zu sein; ich habe mich daher mit dieser Frage näher beschäftigt, und zwar vorerst unter der Annahme, dass auf den freien Endquerschnitt nur ein Kräftepaar einwirke. Das Analogon hiezu findet sich in der Drehung eines Körpers um seinen Schwerpunkt. Diese Art der Bewegung ist aber hinreichend klar gestellt, sobald man, wie ich in meiner Doktordissertation [1]) gethan habe, auf die Verknüpfung der bekannten Anschauungsweisen Poinsot's [2]) mit den strengen analytischen Formeln Jacobi's [3]) Bedacht nimmt; es muss also möglich sein, sich auch von den Vorgängen bei der Biegung und Drillung des elastischen Stabes ein Bild zu verschaffen. Meine Untersuchung, deren wesentliche Resultate ich im Folgenden mitzuteilen mir erlaube, war zunächst darauf gerichtet, die Grösse der Biegung und Drillung in jedem der einzelnen Querschnitte und den Einfluss, welchen eine verschiedene Anordnung der absoluten Werte der 3 Haupt-

1) Das Rollen einer Fläche 2. Grades auf einer invariablen Ebene. München 1880 oder Programm der Kreisrealschule Müchen 1881.

2) Théorie nouvelle de la rotation des corps. Liouv. J. Jahrg. 1851. p. 9—129, 289—336.

3) Sur la rotation d'un corps. Op. II. p. 139—197.

widerstände auf dieselbe ausüben, zu ermitteln; sodann bestimmte ich die Curve, in welche die elastische Centrallinie gebogen wird; endlich übertrug ich die Poinsot'sche Interpretation, wonach die Drehung eines Körpers um einen festen Punkt versinnlicht werden kann durch das Abrollen eines beweglichen Kegels auf einem festen, in der Weise, dass die Ueberführung des geraden Stabes in seinen gebogenen und gedrillten Zustand hervorgebracht erscheint durch das Aufbiegen einer biegsamen windschiefen Fläche auf eine zweite, feste windschiefe Fläche.

Hierbei ergab sich einmal, dass viele Fragen, wie diejenige nach der Gestalt der gebogenen elastischen Centrallinie, nicht aus der Betrachtung des Rotationsproblems beantwortet werden können, und weiter, dass die Untersuchung der Gleichgewichtsverhältnisse des Stabes eine viel ausgedehntere, mehr Mannigfaltigkeiten umfassende ist als jene der Bewegung — hauptsächlich aus dem Grunde, weil die 3 Widerstände des Drahtes gegen Deformation nicht, wie die 3 Hauptträgheitsmomente des Körpers, denen sie entsprechen, Grössen derselben Art sind. Während es bei den letzteren genügt, eine einzige Festsetzung hinsichtlich ihres Grössenwertes zu treffen, muss bei dem elastischen Stab unterschieden werden, ob der Widerstand gegen Drillung unter den 3 Widerständen der kleinste, mittelste oder grösste ist.

1.

Es möge auf das freie Ende des Stabes ein Kräftepaar von der Intensität 1 einwirken, dessen Achse eine beliebige Richtung besitzt. Dann wird die gerade elastische Centrallinie des Stabes in eine Curve gebogen und gleichzeitig der Querschnitt jedes Punktes P um die Tangente der Centrallinie in P gedreht — der Stab erscheint gebogen und gedrillt. Wählen wir diese Tangente zur Achse Z', die Hauptträgheitsachsen des Querschnittes zu Achsen X', Y', so bilden

X′ Y′ Z′ das rechtwinklige Coordinatensystem der 3 Hauptachsen des Stabes.

Vor der Einwirkung des Kräftepaares werden die Achsen Z′ alle in die gerade Stabachse fallen, die Linien X′ und Y′ unter sich parallel sein. Nach der Deformation werden die Lagen der 3 Hauptachsen, je nach der Bogenentfernung s ihres Anfangspunktes P vom freien Endquerschnitt, andere und andere werden, also abhängig von s sein. Dieselben sind bekannt, sobald ihre Neigungscosinus

$$a, b, c;\ a', b', c';\ a'', b'', c''$$

gegen die 3 festen Coordinatenachsen

$$X;\ Y;\ Z$$

eines mit X′ Y′ Z′ congruenten Systems X Y Z in Funktionen von s vorliegen.

Nun führt die Bestimmung der a, b, c zunächst auf dieselben Differentialgleichungen, wie sie bei der Rotation eines starren Körpers um seinen Schwerpunkt O auftreten, nemlich auf die Euler'schen Gleichungen [1])

$$A\frac{dp}{ds} + (B-C)\,qr = o$$

$$B\frac{dq}{ds} + (C-A)\,rp = o$$

$$C\frac{dr}{ds} + (A-B)\,pq = o$$

---

1) Wir entnahmen dieselben für unser Problem dem Buche von Clebsch: Theorie der Elasticität fester Körper, p. 211. Da Clebsch die Bogenlänge vom festen Ende ab rechnet und wir sie vom freien Querschnitt an zählen, ist in unseren Formeln, um auf die von Clebsch angegebenen zurückzukommen, abgesehen von einer anderen Bezeichnung der Constanten A, B, C und der Grössen p, q, r, ds mit —ds zu vertauschen. — Ueber das Rotationsproblem s. etwa Poisson, traité de mécanique t. II. No. 414 u. ff.

Es entsprechen hiebei	
den 3 Haupt(trägheits)achsen X′, Y′, Z′ des rotierenden Körpers	die 2 Hauptachsen X′, Y′ der Biegung und die Hauptachse Z′ der Drillung des elastischen Stabes [dieselben mögen vor der Einwirkung des Kräftepaares den 3 Hauptachsen des Körpers parallel liegen];
den Hauptträgheitsmomenten A, B, C des Körpers um X′, Y′, Z′	die Hauptwiderstands-Momente A, B gegen Biegung um X′, Y′ und C gegen Drillung um Z′;
dem zur Bewegung anregenden Kräftepaare l	das auf den freien Querschnitt einwirkende Kräftepaar l;
den Winkelgeschwindigkeits-Componenten p, q, r um die 3 Hauptträgheitsachsen X′, Y′, Z′	die Componenten p, q der Biegung um X′ Y′ und r der Drillung um Z′ eines Punktes P der elastischen Centrallinie;
der Fortschreitung ds in der Zeit s (s gerechnet von s_0 = o an)	die Fortschreitung ds auf dem Bogen s der Centrallinie (s gerechnet vom freien Ende, s_0 = o, an);
den Componenten des angreifenden Kräftepaares Ap, Bq, Cr um die Hauptachsen X′, Y′, Z′, welche gerade geeignet sind, die Winkelgeschwindigkeiten p, q, r hervorzubringen	die Componenten des Kräftepaares, welches in jedem Punkte P der Centrallinie die durch das afficierende Paar hervorgerufene Spannung darstellt, und gerade fähig ist, die Biegungscomponenten p, q, sowie die Drillungscomponente r für P zu erzeugen;

der aus p, q, r nach dem Parallelepiped der Winkelgeschwindigkeiten zusammengesetzten „instantanen Drehgeschwindigkeit“

$$\Theta = \sqrt{p^2 + q^2 + r^2}$$

für eine Zeit s

der Achse, um welche die momentane Drehung Θ erfolgt, der „instantanen Drehachse“

dem aus dem Componenten Ap, Bq, Cr nach Richtung und Grösse zusammengesetzten momentan wirkenden Kräftepaar

$$l = \sqrt{A^2p^2 + B^2q^2 + C^2r^2},$$

der Kräftepaarachse zur Zeit s

die aus den Biegungsgrössen p, q und der Drillungsgrösse r eines Punktes (s) rechtwinklig zusammengesetzte Grösse der Krümmung

$$\Theta = \sqrt{p^2 + q^2 + r^2}$$

für diesen Punkt;

die Achse, um welche die Krümmung Θ der Centrallinie in P vollzogen gedacht wird, die instantane Krümmungsachse;

die aus den Componenten Ap, Bq, Cr eines Punktes P (s) nach Richtung und Grösse resultierende Spannung

$$l = \sqrt{A^2p^2 + B^2q^2 + Cr^2};$$

die Spannungsachse für den Punkt P, dessen Entfernung vom freien Ende s beträgt.

Als neues Element kommt für den Stab die Grösse reiner Biegung $\Theta' = \sqrt{p^2 + q^2}$ herein, welche sich aus den für einen Punkt P auftretenden Componenten p, q reiner Biegung rechtwinklig zusammensetzt; die Achse von Θ', die Biegungsachse, fällt selbstverständlich stets in den Querschnitt von P. Der Biegungsgrösse Θ' würde in der Theorie der Rotation die Componente Θ' der Winkelgeschwindigkeit Θ des Körpers entsprechen, welche in die Ebene der 2 Hauptträgheitsachsen X', Y' zu liegen kommt; dieselbe besitzt keine besondere geometrische Bedeutung. Dagegen ist unsere „Biegungsgrösse“ Θ' offenbar das, was man für die Curve doppelter Krümmung, in welche die elastische Centrallinie gebogen werden wird, gemeinhin als „Krümmung“ zu be-

zeichnen pflegt. Wir werden letzteres Wort nicht gebrauchen, sondern es zur Bezeichnung der gesamten Deformation, welche das Stabelement eines Punktes P erleidet, verwerten.

Hat man die Euler'schen Differentialgleichungen gelöst, so dienen die Relationen

$$da = (br - cq)\,ds \qquad da' = (b'r - c'q)\,ds \qquad da'' = (b''r - c''q)\,ds$$

u. s. w.

zur Bestimmung der 9 Neigungscosinus a, b, c ... c'' des Coordinatensystems X' Y' Z' der 3 Hauptachsen des Stabes gegen das feste Coordinatensystem X Y Z des Raumes. Diese Grössen hängen bekanntlich durch folgende, der orthogonalen Substitution entspringende Gleichungen zusammen:

$$a = b'c'' - b''c' \qquad a' = b''c - bc'' \qquad a'' = bc' - b'c$$

u. s. w.

Die Tangente Z' eines Punktes P der Centrallinie bildet mit den festen Coordinatenachsen X, Y, Z Winkel, deren Neigungscosinus beziehungsweise c, c', c'' sind; für die Coordinaten x, y, z von P bezüglich dieses Systems erhält man also

$$dx = c\,.\,ds \qquad dy = c'.\,ds \qquad dz = c''.\,ds$$

Integriert man diese Differentialgleichungen, so erhält man die Coordinaten x, y, z eines Punktes der Stabcurve in Funktionen des Bogens s.

Sind für einen Punkt P der elastischen Centrallinie die Grösse der in ihm auftretenden Biegung und Drillung bestimmt, ist ferner die Lage des für ihn verzeichneten Systems der Hauptachsen der Biegung und Drillung gegen ein festes Coordinatensystem bekannt, und ist überdies jede Coordinate von P bezüglich dieses festen Systems gefunden, so ist der Gleichgewichtszustand des elastischen Stabes im Wesentlichen als bekannt zu betrachten.

2.

Das einen starren, um seinen Schwerpunkt drehbaren Körper angreifende Kräftepaar l bleibt bekanntlich während

der ganzen Dauer s der Bewegung nach Intensität und Stellung constant, d. h. die Grösse l ist ebenso unveränderlich, wie die Lage der Kräftepaarebene und der Kräftepaarachse im Raume. Die letzteren werden als „invariable Ebene“ und „invariable Achse“ bezeichnet. Analog folgt:

Das Kräftepaar l, welches für einen Punkt P der Centrallinie die daselbst hervorgerufene Spannung bezeichnet, ist für alle Punkte der Centrallinie s nach Intensität und Stellung constant, d. h. alle Spannungsachsen im gebogenen Stabe sind parallel der Achse des den freien Querschnitt afficierenden Kräftepaares und haben mit dieser gleiche Grösse. Es ist also die Ebene des anregenden Paares eine „invariable Ebene“, die Achse desselben eine „invariable Achse“ des Raumes.

Aus der Thatsache, dass die Componente der Winkelgeschwindigkeit des rotierenden Körpers längs der invariablen Achse des Kräftepaares für die ganze Zeitdauer s der Drehung constant bleibt, folgt,

dass die Componente der Krümmung eines Punktes P des gegebenen Stabes auf die invariable Achse des die Spannung in P darstellenden Kräftepaars für die ganze Bogenlänge s des Stabes constant ist.

Aus dieser Bemerkung darf natürlich nicht geschlossen werden, dass die Projection der gebogenen Stabachse auf die zu der invariablen Achse senkrecht liegende invariable Ebene ein Kreis sei; denn die soeben erwähnte Krümmungscomponente ist nicht eine Grösse reiner Biegung, sondern sie enthält neben einer solchen auch noch einen Drillungsanteil.

Nach der Anschauungsweise Poinsot's kann die Drehung eines Körpers um einen festen Punkt versinnlicht werden durch das Abrollen eines beweglichen Kegels auf einem festen, mit welchem der erstere in jedem Augenblicke eine Erzeugende gemein hat. Die Spitzen beider Kegel befinden sich

in dem fixen Punkte; die gemeinsame Erzeugende ist die Achse, um welche sich die augenblickliche Drehung vollzieht, und wird „instantane Achse der Drehung" genannt. Ganz ähnlich

kann die Ueberführung eines unendlich dünnen elastischen Stabes von seinem geraden und ungedrillten in seinen gebogenen und gedrillten Zustand hervorgebracht werden durch das Aufbiegen einer biegsamen windschiefen Fläche auf eine zweite, feste windschiefe Fläche, mit welcher die erstere in jedem Augenblicke eine Erzeugende gemein hat. Die Leitlinien beider Flächen sind die gerade und die gebogene elastische Centrallinie; die gemeinsame Erzeugende ist die Achse, um welche sich die Krümmung des Stabelementes eines Punktes P vollzieht,[1]) und wird „instantane Achse der Krümmung" genannt.

Dreht sich der starre Körper um seinen Schwerpunkt O, so ist der rollende Kegel vom zweiten Grade, der feste Kegel transcendent. Man erhält den ersteren, wenn man aus den Componenten p, q, r der Winkelgeschwindigkeit bezüglich der als ruhend angenommenen 3 Hauptträgheitsachsen die Lage der jedesmaligen instantanen Drehungsachse verzeichnet, und man erhält den festen Kegel, wenn man ganz ebenso aus den Winkelgeschwindigkeitscomponenten, welche um die 3 durch O gehenden festen Coordinatenachsen des Raumes erscheinen, die resultierende Drehungsachse construiert. Hieraus kann gefolgert werden:

Falls auf das Ende des elastischen Stabes nur ein Kräftepaar einwirkt, sind die Erzeugenden der biegsamen windschiefen Fläche parallel der Erzeugenden eines Kegels zweiten Grades (des rollenden Kegels der instantanen Dreh-

1) Man kann sich diese Krümmung hervorgebracht denken, indem man zuerst das Bogenelement um die Achse Θ' der Biegung dreht und sodann dem Querschnitt um ds selbst eine Drehung erteilt.

ungsachsen der Bewegung); die Erzeugenden der festen windschiefen Fläche sind parallel den Erzeugenden eines transcendenten Kegels (des festen Kegels der instantanen Drehungsachsen der Bewegung).

Die Erzeugenden der ersteren, biegsamen Fläche erhält man, wenn man für jeden Punkt der elastischen Centrallinie des noch undeformierten Stabes die Achse Θ der Gesamtkrümmung aus den 3 Krümmungscomponenten p, q, r, welche in dem betreffenden Punkte um die Hauptachsen der Biegung und Drillung erscheinen, sich construiert. Die Erzeugenden der zweiten, festen Fläche werden gefunden, wenn man für jeden Punkt P des deformierten Stabes aus den Componenten der Krümmung, welche um die Richtungen der 3 festen Coordinatenachsen wirkend gedacht werden können, die resultierende Krümmung aufsucht.

Trägt man auf jeder Drehungsachse des Körpers die Grösse der um dieselbe stattfindenden Drehgeschwindigkeit vom Schwerpunkt O aus als Strecke auf, so bilden die erhaltenen Endpunkte für den beweglichen Kegel eine Raumcurve 4. Ordnung, die Poinsot'sche Polodie. Auf dem festen Kegel hingegen wird eine ebene, wellenförmige Curve von transcendentem Charakter erzeugt, in welcher niemals Wendepunkte[1]) auftreten können; dieselbe hat von Poinsot den Namen Herpolodie erhalten. Analog zeigt sich:

Trägt man auf jeder instantanen Krümmungsachse des Stabes die Grösse der um dieselbe wirkenden Krümmung vom Punkte P der elastischen Centrallinie aus auf, so bilden die auf diese Weise erhaltenen Endpunkte je eine Curve für die biegsame und feste windschiefe Fläche — die Curve der Polodie und Herpolodie.[2]) Beide Curven

1) Vgl. hierüber meine oben erwähnte Dissertation.

2) Unter Beibehaltung der Bezeichnungen Poinsot's.

sind transcendent; die Polodie ist auf einem um die gerade elastische Centrallinie des Stabes beschriebenen Cylinder zweiten Grades gelegen.

Verzeichnet man, wie aus den Componenten p, q, r die instantane Drehungsachse Θ, so aus den jeweiligen Componenten Ap, Bq, Cr die Achse des wirkenden Kräftepaars l nach Richtung und Grösse, so bilden diese Achsen für den als ruhend angenommenen Körper gleichfalls einen Kegel zweiten Grades, ihre Endpunkte wieder eine (sphärische) Raumcurve 4. Ordnung; dagegen ist für den Raum, wie bekannt, die Achse des Kräftepaares nach Lage und Grösse unveränderlich.

Construiert man aus den Componenten Ap, Bq, Cr der Spannung eines Punktes P der elastischen Centrallinie die Achse der Spannung nach Grösse und Richtung, so bilden diese Achsen für den in seinem undeformirten Zustande sich befindenden Stab wieder eine windschiefe Fläche, deren Erzeugende denjenigen eines Kegels 2. Grades parallel sind und deren Endpunkte eine transcendente Curve bilden, welche auf einem um die gerade Centrallinie beschriebenen Cylinder 2. Grades gelegen ist. Dagegen sind für die Punkte der gebogenen elastischen Centrallinie die Spannungsachsen, wie oben erwähnt, alle parallel, erfüllen also eine Cylinderfläche, deren Erzeugende mit der Achse des anregenden Kräftepaares l gleiche Richtung besitzen; die Endpunkte bilden eine Curve, welche der gebogenen elastischen Centrallinie congruent und parallel ist.

Die Kegel der Kräftepaarachsen und die beiden Flächen der Spannungsachsen besitzen übrigens keine so hervorragende geometrische Bedeutung wie die Kegel der instantanen Drehungsachsen beziehungsweise die Flächen der instantanen Krümmungsachsen.

3.

Wir haben bereits oben hervorgehoben, dass vielen Fragen, welche bei der Untersuchung des Gleichgewichtszustandes des elastischen Stabes auftreten, äquivalente in der Theorie der Rotation nicht zur Seite stehen. Insbesondere besitzt die Untersuchung der Form der gebogenen elastischen Centrallinie kein Analogon.

Man findet für dieselbe

eine schraubenförmig gewundene periodische Linie, welche in gleichlange congruente Teile zerlegt werden kann. Sie kann niemals Wendepunkte besitzen, auch keine ebene Curve sein, ausgenommen jene Fälle, in welchen das afficierende Kräftepaar um eine der Biegungsachsen des Endquerschnitts oder um die Stabachse selbst gedreht hat, wobei die elastische Centrallinie in einen Kreis gebogen wird, respective gerade bleibt.

Unter allen Projectionen dieser Curve ist jene auf die invariable Ebene des angreifenden Kräftepaars die einfachste:

dieselbe ist gleichfalls periodisch und besitzt ebensowenig Wendepunkte wie die Raumcurve selbst. Ihre Form kann niemals ein Kreis werden, ausser es dreht wieder das Kräftepaar um eine Hauptbiegungsachse selbst oder es sind die beiden Widerstände gegen Biegung einander gleich. Es kann also die elastische Centrallinie des Stabes mit Ausnahme dieser 2 speciellen Möglichkeiten nie auf einem Kreiscylinder liegen, dessen Achse der invariablen Kräftepaarachse parallel ist.

Eine Untersuchung der Projectionen der Gleichgewichtsfigur der elastischen Centrallinie auf andere Ebenen zeigt,

dass diese Projectionen in keiner derselben Periodicität besitzen, dass sie insbesondere die Form eines Kreises

nicht annehmen können, so dass also die elastische Centrallinie im allgemeinen Falle überhaupt nicht auf einen Kreiscylinder aufgeschraubt werden kann.

4.

Eine weitere Abweichung in der Behandlung der Probleme des elastischen Stabes und der Bewegung des starren Körpers ergibt sich daraus, dass die 3 Hauptträgheitsmomente A, B, C des Körpers Grössen derselben Art sind, während die Widerstände A, B gegen Biegung des Drahtes von dem Widerstande C gegen Drillung[1]) ebenso verschieden sind, wie das Wesen der Biegung von jenem der Drillung selbst. Es genügt für das Rotationsproblem eine einzige Anordnung der Grössen A, B, C etwa $A > B > C$; dagegen müssen von vornherein für das Problem des Stabes notwendig 3 Unterscheidungen getroffen werden, je nachdem der Widerstand gegen Drillung der kleinste ($A > B > C$), mittelste ($B > C > A$) oder grösste ($C > A > B$) unter den 3 Widerständen überhaupt ist.

Bleibt man bei der Festsetzung $A > B > C$ für die zu betrachtende Bewegung stehen, so zerfällt die Untersuchung in 2 verschiedene Teile: es ist nemlich der Poinsot'sche Kegel der Polodie niemals um die Achse des mittleren Trägheitsmomentes beschrieben, sondern entweder um die Achse grössten oder kleinsten Momentes, und je nachdem die eine oder andere dieser zwei Möglichkeiten eintritt, sind die sich ergebenden Formeln verschiedene. Ganz ebenso

muss für jede der 3 Möglichkeiten, dass der Widerstand gegen Drillung unter den 3 Widerständen gegen Deformation des Drahtes der grösste mittelste, kleinste sei, noch einmal unterschieden werden, ob der Kegel, dessen Erzeugenden die instantanen Krümmungsachsen parallel

1) S. hierüber Clebsch a. a. O. p. 196.

sind (s. § 2), um die Achse des grössten oder kleinsten Widerstandes beschrieben erscheint — so dass das Problem der Biegung und Drillung eines unendlich dünnen elastischen Stabes für 6 verschiedene Möglichkeiten zu lösen sein wird, welche sich übrigens der Gleichartigkeit der 2 Biegungswiderstände wegen auf 3 wesentlich differierende reducieren.

Die Gestalt der gebogenen elastischen Centrallinie wird von den verschiedenen Anordnungen der Grössen A, B, C der Deformationswiderstände im Wesentlichen nicht beeinflusst, so dass

die gebogene elastische Centrallinie immer den Typus besitzen wird, wie er im vorhergehenden Abschnitte charakterisiert wurde — einerlei, ob der Widerstand gegen Torsion als der numerisch grösste, mittelste oder kleinste unter den 3 Widerständen gegen Deformation angenommen wird.

Um so bedeutender ist dagegen die Rolle, welche eine verschiedene Ordnung der Grössen A, B, C der Hauptwiderstände in den Biegungs- und Drillungsverhältnissen eines einzelnen Querschnittes spielt. Wir notieren hierüber die Sätze:

Ist der Widerstand gegen Torsion unter den 3 Hauptwiderständen des Drahtes gegen Deformation der mittelste, so kann die Drillung des Stabes nicht fortwährend im nemlichen Sinne erfolgt sein, sondern es muss notwendig Querschnitte geben, zu deren beiden Seiten der Stab im entgegengesetzten Sinne gedrillt erscheint; diese Querschnitte selbst haben dann gar keine Drehung in ihrer Ebene erfahren, und für alle Querschnitte, welche von ihnen nach links und rechts gleichweit entfernt liegen, ist die absolute Grösse der Drillung die gleiche.

Ist der Widerstand gegen Drillung unter den 3 Hauptwiderständen des Drahtes gegen Deformation der grösste,

so kann in einem der 2 vorhin angeführten Unterfälle der Sinn der Drillung niemals wechseln: sämtliche Querschnitte des Stabes erscheinen im nemlichen Sinne gedreht und es wechselt die Grösse der Drillung ganz symmetrisch zwischen einem Maximum und einem Minimum. Im anderen Unterfalle wird dagegen die Richtung in der Drillung wechseln. — Genau die gleichen Bemerkungen sind zutreffend für einen Stab, dessen Torsionswiderstand der kleinste ist.

Auch bezüglich des Sinnes, in welchem die Biegung um eine der Biegungsachsen des Querschnittes vor sich gegangen scheint, lassen sich solche Ueberlegungen anstellen.

Ist ein Widerstand gegen Biegung unter den 3 Hauptwiderständen der mittelste, so kann die Biegung, welche man sich um die Achse des Widerstandes wirkend denken kann, niemals im selben Sinne erfolgt sein. Dieselbe wechselt, indem sie für gewisse Punkte der elastischen Centrallinie 0 wird; in diesen Punkten ist nur eine Biegung um die andere Biegungsachse erfolgt — es ist also die Hauptebene aus der Biegungsachse des mittleren Widerstandes und der Torsionsachse Schmiegungsebene der elastischen Centrallinie für den betreffenden Punkt geworden.

Ist ein Widerstand gegen Biegung unter den 3 Hauptwiderständen der grösste oder auch der kleinste, so kann für je einen der 2 Unterfälle, welche diesen Festsetzungen zukommen, der Sinn der Biegung um jene Biegungsachse niemals wechseln, es kann also niemals die Hauptebene aus der besprochenen Biegungsachse und der Torsionsachse Schmiegungsebene der Centrallinie werden.

5.

Vorstehende Sätze wurden aus der Betrachtung der Ausdrücke gewonnen, welche für die Grössen p, q der Biegungscomponenten und r der Drillungscomponente in Funktionen

des Bogens s aufgestellt werden können. Es mag von Interesse sein, diese Ausdrücke selbst hier folgen zu lassen.

Für die Winkelgeschwindigkeiten p, q, r eines um den Schwerpunkt O rotierenden Körpers bezüglich seiner durch O gehenden Hauptträgheitsachsen muss man, wie bereits gesagt, zweierlei Formeln erhalten, je nachdem der Poinsot'sche Kegel der Polodie um die Achse kleinsten oder grössten Trägheitsmomentes beschrieben ist.

Bleibt man bei der Festsetzung

$$A > B > C$$

der 3 Hauptträgheitsmomente A, B, C stehen, so sind die beiden in Rede stehenden Fälle charakterisiert durch

$$Bh - l^2 > o \qquad Bh - l^2 < o,$$

wo l die constantane Intensität des anregenden Kräftepaares und $\frac{h}{l}$ die constante Winkelgeschwindigkeit der Drehung um die (invariable) Kräftepaarachse bezeichnet. $Ah - l^2$ ist stets grösser, $Ch - l^2$ stets kleiner als Null.

Setzt man

$$n \cdot s = u,$$

wo n eine Constante bedeutet, so erhält[1]) man für die Winkelgeschwindigkeiten p, q, r,

---

1) Jacobi hat (a. a. O.) die 2 Fälle $Bh - l^2 \gtrless o$ unter einen einzigen zusammengefasst, indem er $A > B > C$ annahm, sobald $Bh - l^2 > o$ und $C > B > A$, wenn $Bh - l^2 < o$ war. Diese Annahme involviert die Existenz zweier verschiedener Centralellipsoide; will man bei einem und demselben Centralellipsoid bleiben, also etwa bei der Festsetzung $A > B > C$, so muss in den Jacobi'schen Formeln A mit C, p mit r vertauscht werden.

I.

wenn $Bh-l^2>o$:	wenn $Bh-l^2<o$:
$p=\sqrt{\frac{l^2-Ch}{A(A-C)}}\cdot\cos\operatorname{am}u$	$p=\sqrt{\frac{l^2-Ch}{A(A-C)}}\cdot\Delta\operatorname{am}u$
$q=\sqrt{\frac{l^2-Ch}{B(B-C)}}\cdot\sin\operatorname{am}u$	$q=\sqrt{\frac{Ah-l^2}{B(A-B)}}\cdot\sin\operatorname{am}u$
$r=\sqrt{\frac{Ah-l^2}{C(A-C)}}\cdot\Delta\operatorname{am}u$	$r=\sqrt{\frac{Ah-l^2}{C(A-C)}}\cdot\cos\operatorname{am}u$

Für den Modul $\varkappa$ und die constante Grösse n ergibt sich

$\varkappa=\sqrt{\frac{(A-B)(l^2-Ch)}{(B-C)(Ah-l^2)}}$	$\varkappa=\sqrt{\frac{(B-C)(Ah-l^2)}{(A-B)l^2-Ch)}}$
$n=\sqrt{\frac{(B-C)(Ah-l^2)}{ABC}}$	$n=\sqrt{\frac{(A-B)(l^2-Ch)}{ABC}}$

Nehmen wir nunmehr für den elastischen Stab zuerst an, das Moment C des Widerstandes gegen Drillung sei das kleinste und dasjenige A des Widerstandes gegen die Biegung um die X′-Achse des Querschnittes das grösste. Dann sind die für die Krümmungscomponenten p, q, r aufzustellenden Ausdrücke genau die vorstehenden. Will man aus ihnen auch für die Möglichkeiten, dass der Widerstand gegen Drillung der numerisch mittelste oder grösste ist, p, q, r bilden, so vertausche man cyclisch die Widerstände A, B, C einerseits und die Krümmungscomponenten p, q, r andererseits.

Darnach bekommt man für die Biegungscomponenten p, q und die Drillungscomponente r,

wenn $A>B>C$ und

$Bh-l^2>o$:	$Bh-l^2<o$:

die obigen Formeln I.

II.

Wenn $B>C>A$ und

$Ch-l^2>o$:

$$p=\sqrt{\frac{Bh-l^2}{A\,(B-A)}}\,.\,\Delta\,\mathrm{am}\,u$$

$$q=\sqrt{\frac{l^2-Ah}{B\,(B-A)}}\,.\,\cos\mathrm{am}\,u$$

$$r=\sqrt{\frac{l^2-Ah}{C\,(C-A)}}\,.\,\sin\mathrm{am}\,u$$

$Ch-l^2<o$:

$$p=\sqrt{\frac{Bh-l^2}{A\,(B-A)}}\,.\,\cos\mathrm{am}\,u$$

$$q=\sqrt{\frac{l^2-Ah}{B\,(B-A)}}\,.\,\Delta\,\mathrm{am}\,u$$

$$r=\sqrt{\frac{Bh-l^2}{C\,(B-C)}}\,.\,\sin\mathrm{am}\,u$$

III.

Wenn $C>A>B$ und

$Ah-l^2>o$:

$$p=\sqrt{\frac{l^2-Bh}{A\,(A-B)}}\,.\,\sin\mathrm{am}\,u$$

$$q=\sqrt{\frac{Ch-l^2}{B\,(C-B)}}\,.\,\Delta\,\mathrm{am}\,u$$

$$r=\sqrt{\frac{l^2-Bh}{C\,(C-B)}}\,.\,\cos\mathrm{am}\,u$$

$Ah-l^2<o$:

$$p=\sqrt{\frac{Ch-l^2}{A\,(A-C)}}\,.\,\sin\mathrm{am}\,u$$

$$q=\sqrt{\frac{Ch-l^2}{B\,(C-B)}}\,.\,\cos\mathrm{am}\,u$$

$$r=\sqrt{\frac{l^2-Bh}{C\,(A-C)}}\,.\,\Delta\,\mathrm{am}\,u$$

In diesen Formeln bedeuten l die für jeden Querschnitt durch das Kräftepaar erzeugte constante Spannungsgrösse, $\frac{h}{l}$ die um diese Spannungsachse wirkend gedachte constante Componente der gesamten Deformation des betreffenden Stabelementes.

Wie erwähnt, kann man aus einem der 3 Hauptfälle I, II, III den folgenden ableiten durch cyclische Vertauschung von A, B, C und von p, q, r; die Bildung des Moduls $\varkappa$ und der

Constanten n ist hienach aus den unter I gegebenen Formeln ohne Mühe zu bewerkstelligen. Aus einem der bei jedem Haupttalle auftretenden Unterfälle erhält man den zugehörigen, sobald man den grössten mit dem kleinsten der 3 Hauptwiderstände und gleichzeitig die nach den Achsen dieser 2 Widerstände wirkenden Krümmungen vertauscht.

6.

Nachdem wir uns im § 3 über die gebogene elastische Centrallinie des Stabes insoweit informiert haben, dass wir über ihre Gestalt nicht wesentlich im Zweifel sein können, möge es gestattet sein, die Gleichungen derselben vorzuführen. Das Nähere über deren Ableitung wird an einer anderen Stelle mitgeteilt werden.

Gelegentlich der Fixierung des Problems des elastischen Stabes (§ 1) waren für die Coordinaten x, y, z eines Punktes P der gebogenen elastischen Centrallinie bezüglich eines im Raume festgelegten Coordinatensystems X Y Z gefunden worden

$$x = \int c \,.\, ds\,, \qquad y = \int c' \,.\, ds\,, \qquad z = \int c'' \,.\, ds\,,$$

wo c, c', c'' die Neigungscosinus der Tangente an die Centrallinie in P gegen die festen Achsen X, Y, Z vorstellen. Diese Neigungscosinus sind zunächst in Funktion des Bogens s darzustellen.

Dieselben lassen sich aber zurückführen auf den einzigen Winkel ψ, welchen eine feste Gerade der Coordinatenebene X Y bildet mit der Schnittlinie zwischen eben dieser Coordinatenebene und der Ebene X′ Y′ des Querschnittes eines Punktes P der elastischen Centrallinie. Dieser Winkel wird sich, je nachdem der Widerstand gegen Drillung des Drahtes unter den 3 Widerständen gegen Deformation der grösste oder mittelste oder kleinste ist, je nachdem also für p, q, r die oben angeführten Formeln I oder II oder III zur Geltung

kommen, verschieden darstellen. Da die Gestalt der elastischen Centrallinie nicht wesentlich anders sein wird, ob man unter den 3 Annahmen I, II, III diese oder jene wählt, so genügt es wohl, nur für einen Fall die Bildung der Ausdrücke für die Coordinaten x, y, z zu vollziehen. Wir wählen hiezu den Fall, in welchem der Widerstand gegen Drillung der kleinste ist und gleichzeitig der Kegel zweiter Ordnung, dessen Erzeugenden die für den noch undeformierten Stab verzeichneten Krümmungsachsen parallel sind, um die Hauptachse der Drillung beschrieben erscheint, also den Fall, der charakterisiert ist durch

$$A > B > C, \qquad Bh - l^2 > o.$$

Wählen wir hiefür die invariable Achse des angreifenden Kräftepaares l als die feste Coordinatenachse Z des Raumes, so wird die XY-Coordinatenebene zur invariablen Ebene des Kräftepaars. Der obige Winkel ψ zwischen einer festen Geraden dieser Ebene und der Schnittlinie der letzteren mit der Querschnittsebene X′Y′ ist dann derselbe Winkel wie der Euler'sche Winkel ψ zwischen einer festen Geraden der invariablen Ebene des Kräftepaars, welches einen Körper zur Bewegung um seinen Schwerpunkt anregt, und der Schnittlinie dieser Ebene mit der Ebene X′Y′ der beiden Hauptträgheitsachsen X′, Y′ des Körpers.

Für diesen Winkel fand Jacobi[1]), dass er sich aus einem mit der Zeit s proportionalen und einem damit periodischem Term zusammensetze; genau so verhält es sich mit unserem Winkel ψ. Setzen wir daher

$$\psi = \psi' + n' . u,$$

so wird n′u mit der Grösse u = n.s, also mit dem Bogen s der elastischen Centrallinie proportional, und ψ' muss eine

1) a. a. O. p. 157—159.

periodische Funktion der Grösse u d. i. des Bogens s sein. Jacobi findet für die letztere

$$\psi = \frac{1}{2i} \cdot \log \frac{\Theta(u + ia)}{\Theta(u - ia)}$$

Hiebei wurde

$$\sqrt{\frac{C(Ah - l^2)}{A}} = -i \cdot \operatorname{sin\,am}\, ia$$

gesetzt, und die Constante n′ ergab sich als

$$n' = \frac{l}{An} + \frac{\partial}{\partial(ia)} \cdot \log \Theta(ia).$$

Da ψ der Winkel zwischen der Schnittlinie der Querschnittsebene X′Y′ mit der invariablen Ebene XY einerseits und einer festen Geraden, etwa der Y-Achse, andererseits ist, so stellt offenbar ψ' den Winkel zwischen der genannten Schnittlinie und einer neuen Achse (Y) der XY-Ebene dar, welche sich mit der Winkelgeschwindigkeit $\frac{n'}{n}$ im negativen Sinne in der XY-Ebene zu bewegen scheint.

Man kann nun ebenso gut die Coordinaten des Stabpunktes P auf das feste Coordinatensystem ZXY beziehen als auch auf ein neues System, zusammengesetzt aus der invariablen Achse Z des angreifenden Kräftepaares und 2 beweglichen Achsen (X), (Y) der invariablen Kräftepaarebene. Da für das letztere System die Winkel ψ' periodisch werden, so wird bei einer graphischen Darstellung der gebogenen elastischen Centrallinie thatsächlich am besten verfahren werden, wenn man sich die Lagen der Geraden (X), (Y) für den gewählten Wert des Bogens s d. i. für ein bestimmtes u construiert und bezüglich derselben die Grössen der Coordinaten (x), (y) aufsucht.

Bezeichnet man die Neigungscosinus der Tangente Z′ eines Punktes der elastischen Centrallinie gegen diese beweglichen Achsen (X), (Y) mit (c), (c′), so wird gefunden

$$(c) = \frac{H_1(o)}{2 \,.\, H_1(ia) \,.\, \Theta(u)} \cdot \left\{ \Theta(u + ia) + \Theta(u - ia) \right\}$$

$$(c') = \frac{H_1(o)}{2 \,.\, H_1(ia) \,.\, \Theta(u)} \cdot \left\{ \Theta(u + ia) - \Theta(u - ia) \right\}$$

Hieraus ergeben sich sodann die Neigungscosinus c, c′ der Tangente Z′ gegen die Achsen X, Y des festen Coordinatensystems; denn es ist

$$c = (c) \cdot \cos n'u + (c') \cdot \sin n'u$$
$$c' = -(c) \cdot \sin n'u + (c') \cdot \cos n'u.$$

Der Cosinus des Winkels der Tangente Z′ und der festen Achse Z des invariablen Kräftepaars ist für beide Fälle

$$c'' = \frac{Cr}{l} = \frac{H(ia) \,.\, \Theta_1(u)}{i \,.\, H_1(ia) \,.\, \Theta(u)}$$

Führt man statt der Θ-Funktionen die unendlichen Reihen in die Formeln für (c), (c′) ein, wie sie Jacobi in seiner Arbeit „sur la rotation“ aufgeführt hat, und integriert (c) . ds, (c′) . ds, c″. ds, so erhält man zunächst für das System Z, (X), (Y), dessen Achsen (X) und (Y) beweglich sind, die Coordinaten folgendermassen ausgedrückt:

$$z \,.\, D = v + 4 \,.\, \sum_{\mu=1}^{\mu=\infty} \frac{q^\mu \,.\, \sin \mu v}{\mu (1 + q^{2\mu})}$$

$$(x) \,.\, D = \frac{2q^{b/2}}{1-q^b} \cdot v - 2(q^{-b/2} - q^{b/2}) \cdot \sum_{\mu=1}^{\mu=\infty} \frac{q^\mu (1+q^{2\mu}) \,.\, \sin \mu v}{\mu (1-q^{2\mu-b})(1-q^{2\mu+b})}$$

$$(y) \,.\, D = 4(q^{-b/2} + q^{b/2}) \cdot \sum_{\mu=1}^{\mu=\infty} \frac{q^\mu (1-q^{2\mu}) \,.\, \sin^2 \frac{\mu v}{2}}{\mu (1-q^{2\mu-b})(1-q^{2\mu+b})}$$

In diesen Formeln bedeuten v eine mit der Bogenlänge s der elastischen Centrallinie proportionale Variable,

$$v = \frac{\pi}{K} \cdot u = \frac{n\pi}{K} \cdot s,$$

die übrigen Grössen Constante, nemlich

$$b = \frac{a}{K}; \qquad q = l^{-\pi \cdot \frac{K'}{K}};$$

$$D^2 = \frac{4l^2(A-C)(B-C)}{(A-B)C^2}$$

Die Coordinaten eines Punktes der elastischen Centrallinie bezüglich des festen Coordinatensystems ZXY des Raumes finden sich, wenn die frühere Grösse

$$n' = m \cdot \frac{\pi}{K}$$

gesetzt wird, ausgedrückt, wie folgt.

s ist dasselbe wie vorher.

$$x \cdot D = \frac{2q^{b/2}}{m(1-q^b)} \cdot \sin mv + 2q^{b/2} \sum_{\mu=1}^{\mu=\infty} \frac{q^\mu \cdot \sin(m-\mu)v}{(m-\mu)(1-q^{2\mu+b})}$$

$$- 2q^{-b/2} \sum_{\mu=1}^{\mu=\infty} \frac{q^\mu \cdot \sin(m+\mu)v}{(m+\mu)(1-q^{2\mu-b})}$$

$$y \cdot D = \frac{4q^{b/2}}{m(1-q^{b/2})} \sin^2 \frac{mv}{2} + 4q^{b/2} \sum_{\mu=1}^{\mu=\infty} \frac{q^\mu \cdot \sin^2 \frac{m-\mu}{2} v}{(m-\mu)(1-q^{2\mu+b})}$$

$$- 4q^{-b/2} \sum_{\mu=1}^{\mu=\infty} \frac{q^\mu \sin^2 \frac{m+\mu}{2} v}{(m+\mu)(1-q^{2\mu-b})}$$

Hiebei wurde der Coordinatenanfangspunkt der beiden Systeme Z(X)(Y) und ZXY im freien Endquerschnitt des Stabes angenommen, so dass für $s = o$ d. i. $u = v = o$ jede Coordinate zu Null wird.

7.

Es erübrigt noch, einige specielle Fälle hervorzuheben. Solche können herbeigeführt werden durch specielle Lagen der Achse des den freien Endquerschnitt angreifenden Kräftepaares oder durch specielle Wahl der Constanten, welche die Widerstände des Stabes gegen Biegung und Drillung darstellen.

Wir knüpfen wieder an das Problem der Rotation eines starren Körpers um seinen Schwerpunkt an.

1. Lässt man das auf den starren Körper einwirkende Kräftepaar 1 um eine der 3 Hauptträgheitsachsen des Körpers wirken, so vollzieht sich die Drehung stets um diese Achse und zwar mit constanter Geschwindigkeit. Der bewegliche Kegel der Polodie sowohl als der feste der Herpelodie sind in diese Achse — die permanente Rotationsachse — übergegangen, die Curven der Polodie und Herpolodie in Punkte.

Dreht das auf den freien Endquerschnitt des Stabes wirkende Kräftepaar 1 um eine der 2 Hauptbiegungsachsen oder um die Torsionsachse (d. i. die gerade elastische Centrallinie) des Stabes, so ist die Krümmung um diese Achse constant. Im ersteren Falle wird die elastische Centrallinie in einen Kreis gebogen, ohne dass der Stab gedrillt wird, im zweiten Falle bleibt diese Linie gerade, dagegen werden die einzelnen Querschnitte gleichmässig um dieselbe gedreht — der Stab erscheint nur gedrillt. Die biegsame windschiefe Fläche der instantanen Krümmungs-

achsen sowie die feste Fläche derselben sind für den ersteren Fall in Kreiscylinder übergegangen, die Curve der Endpunkte der Krümmungsachsen, die Polodie und Herpolodie, in Kreise; für den zweiten Fall dagegen reducieren sich diese Flächen auf die Stabachse selbst, ebenso die beiden Curven.

Hiebei sind nun zwei wesentlich verschiedene Annahmen zu machen.

Dreht nemlich das den starren Körper afficierende Paar l um diejenige Hauptträgheitsachse, welcher das grösste oder kleinste Moment zukommt, so ist die Bewegung des Körpers um diese Achse stabil: ein der Achse erteilter kleiner Anstoss lässt diese nur einen kleinen Kreiskegel um ihre Ruhelage beschreiben. Ist hingegen das Trägheitsmoment um die Hauptachse, um welche l wirkt, das mittelste unter den 3 Trägheitsmomenten, so ist die Bewegung des Körpers um dieselbe ein labile: es bedarf nur eines kleinen Anstosses, um die Drehungsachse einen Kegel von endlichen Dimensionen, den der Herpolodie, im Raume beschreiben zu lassen. Im Körper scheint dieselbe bekanntlich den Kegel der Polodie zu durchlaufen. Derselbe ist hier in 2 Ebenen übergegangen, welche sich in der kritischen Hauptachse mittleren Trägheitsmomentes durchsetzen; je nachdem man den kleinen Anstoss im einen oder andern Sinne erfolgen lässt, erscheint die eine oder die andere Ebene als die auf dem Kegel der Herpolodie abrollende. Die Polodie ist in 2 Ellipsen übergegangen, die ebene Curve der Herpolodie in eine Spirale, der Kegel der Herpolodie ist also spiraltörmig gewunden.

Dreht das auf den Querschnitt des Stabes einwirkende Kräftepaar l um diejenige der 3 Hauptachsen der Biegung und Drillung, welcher das numerisch grösste oder kleinste Widerstandsmoment zukommt, so ist das Gleichgewicht der gebogenen elastischen Centrallinie ein stabiles. Bringt man

dieselbe ein wenig aus ihrer Ruhelage, welche als Kreis oder gerade Linie gefunden wurde, so kehrt dieselbe stets wieder dahin zurück. Hat dagegen das drehende Paar l um diejenige Hauptachse gewirkt, welche unter den 3 Hauptwiderstandsmomenten das mittlere aufweist, so ist das Gleichgewicht der gebogenen elastischen Centrallinie nur labil:

sei es, dass die Centrallinie in einen Kreis gebogen wurde, sei es, dass sie gerade geblieben war — es bedarf nur einer geringen Berührung, um dieselbe in eine ganz neue Curve, von logarithmischem Charakter, schnellen zu lassen, in welcher Biegung und Drillung neben einander vorkommen. Die windschiefen Flächen, durch deren Aufbiegen wir die Deformation des Stabes hervorgebracht erklären, besitzen, wie auch die auf ihnen gelegenen Curven der Polodie und Herpolodie, gleichfalls logarithmischen Charakter.

2. Unter den besonderen Annahmen, welche in der Wahl der Constanten des rotierenden Körpers, d. i. in der Wahl der 3 Hauptträgheitsmomente eine besondere Rolle spielen, sind die bemerkenswertesten die der Gleichheit zweier oder aller drei Trägheitsmomente.

Sind zwei Trägheitsmomente einander gleich und wirkt das den Körper drehende Kräftepaar l nicht um eine der vorhin betrachteten speciellen Achsen, so geht die Rotation wieder mit gleichförmiger Geschwindigkeit vor sich. Der rollende Kegel sowohl als der feste sind Kreiskegel geworden, die auf ihnen gelegenen Curven Kreise.

Da die 3 Hauptwiderstände des Stabes nicht Grössen gleicher Art sind, so ist zu unterscheiden, ob bei der numerischen Gleichheit zweier derselben diese beiden die Widerstände gegen Biegung darstellen, oder ob einer der Biegungswiderstände und der Torsionswiderstand gleich geworden sind.

Sind die beiden Biegungswiderstände einander gleich, und dreht das den freien Endquerschnitt beeinflussende Paar l nicht um eine der 3 Hauptachsen, so wird die gerade elastische Centrallinie des Stabes in eine Schraubenlinie um die Kräftepaarachse gebogen und der Stab ganz gleichmässig gedrillt. Die auf der biegsamen windschiefen Fläche gelegene Polodie ist ebenfalls in eine Schraubenlinie, beschrieben um die gerade elastische Centrallinie, übergegangen, die biegsame Fläche selbst also in eine gewöhnliche Schraubenfläche. Die Curve der Herpolodie auf der festen windschiefen Fläche ist eine secundäre Spirale, die Fläche selbst eine secundäre Schraubenfläche geworden.

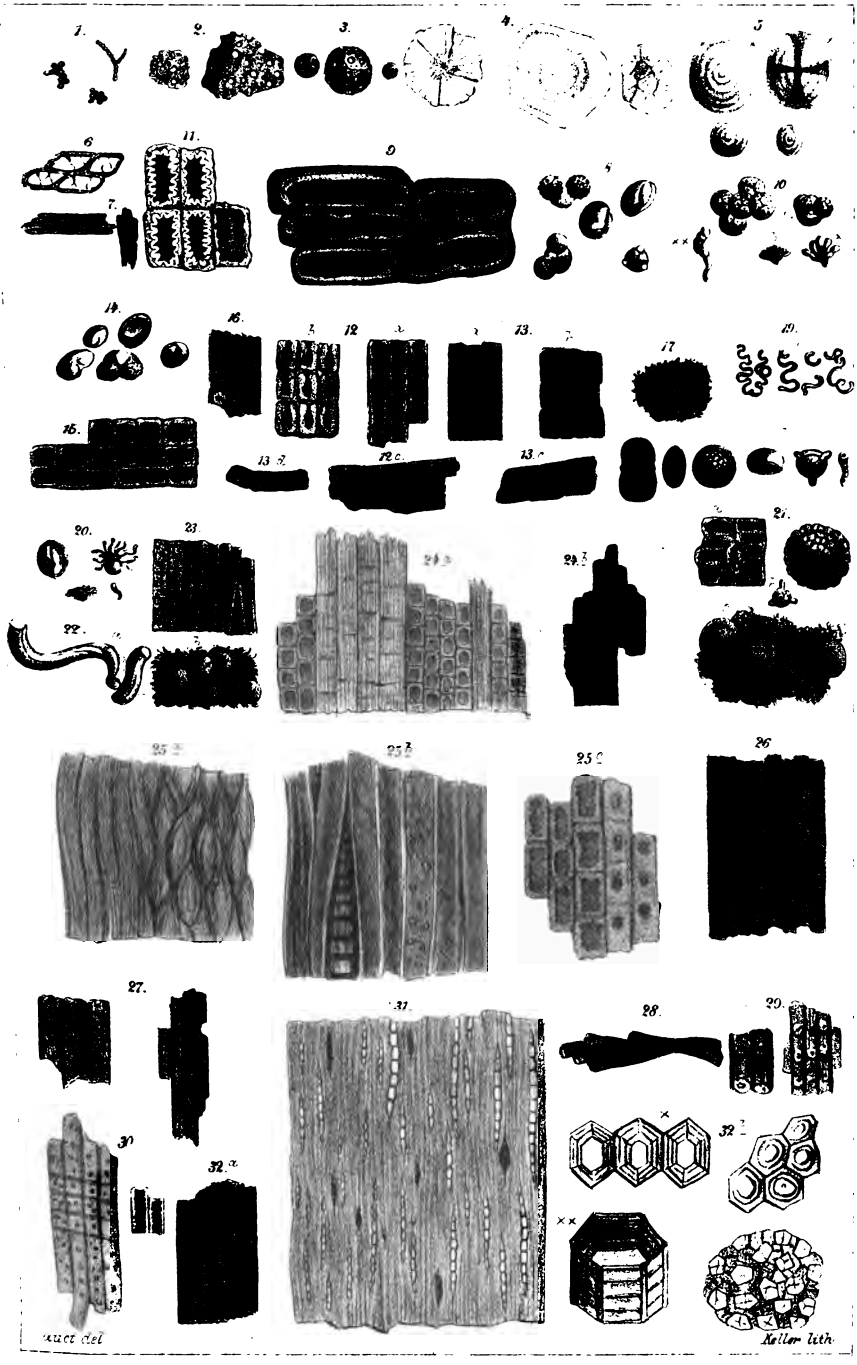
Ist dagegen ein Biegungswiderstand und der Torsionswiderstand einander numerisch gleich, so wird die gerade elastische Centrallinie des Stabes in eine transcendente Curve von trigonometrischem Charakter gebogen. Die Drillung ist nicht constant, wohl aber die Grösse der Biegung um die andere Biegungsachse. Die windschiefen Flächen und dieauf ihnen gelegenen Curven besitzen gleichfalls trigonometrischen Charakter.

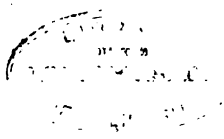
3. Sind für den rotierenden Körper die 3 Hauptträgheitsmomente einander gleich, so ist die Achse des einwirkenden Kräftepaares l, welche Richtung sie auch besitzen möge, immer permanente Drehungsachse und die Drehung vollzieht sich um dieselbe mit constant bleibender Geschwindigkeit.

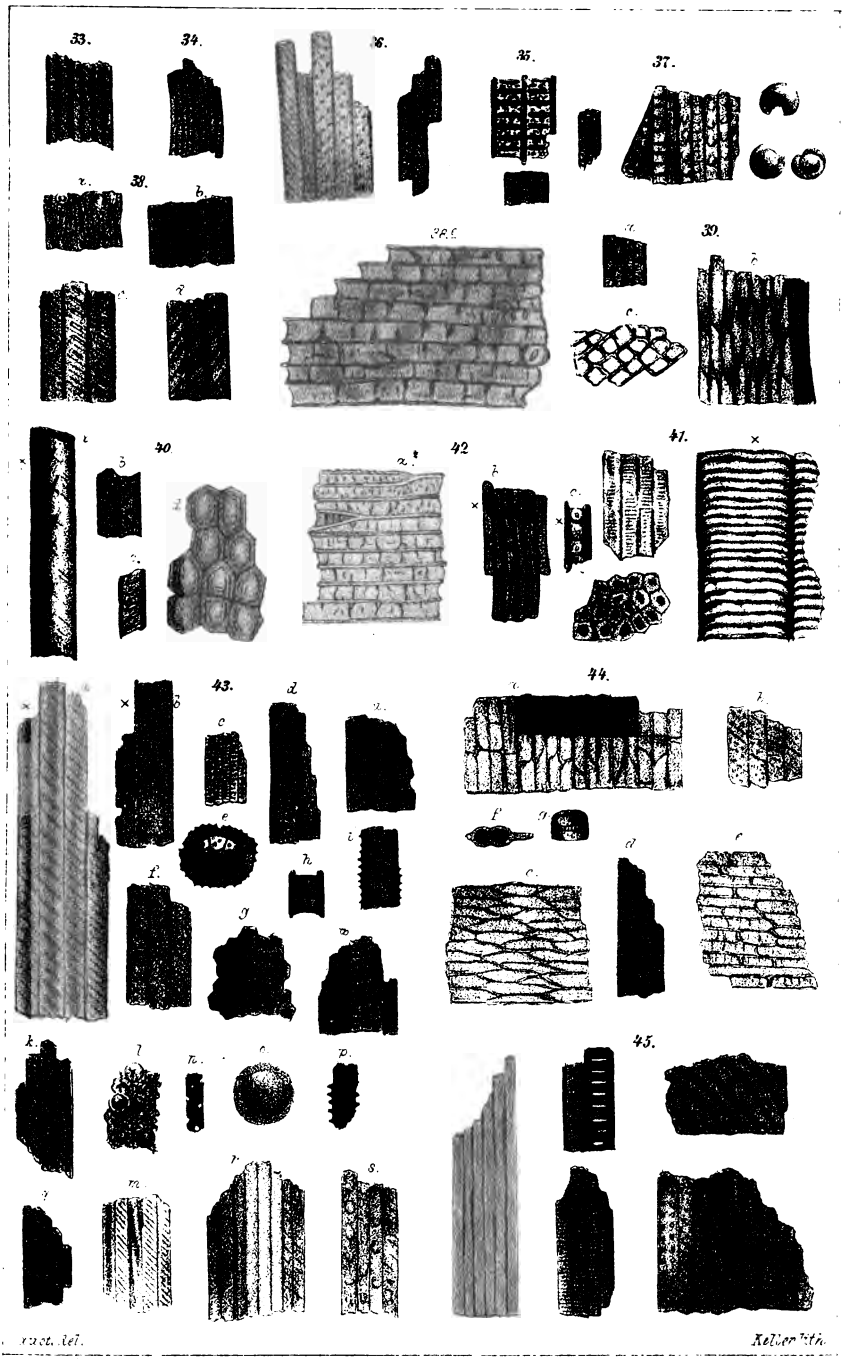
Werden die 3 Hauptwiderstandsmomente des Drahtes gegen Deformation einander gleich, so wird unter dem Einfluss eines Kräftepaares l, dessen Achse eine beliebige Neigung gegen den Endquerschnitt besitzt, die gerade elastische Centrallinie wieder in eine Schraubenlinie um die Kräftepaarachse gebogen und alle Verhältnisse bleiben im

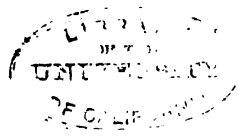
Wesentlichen so, wie sie bei der Gleichheit der zwei Biegungswiderstände besprochen wurden.

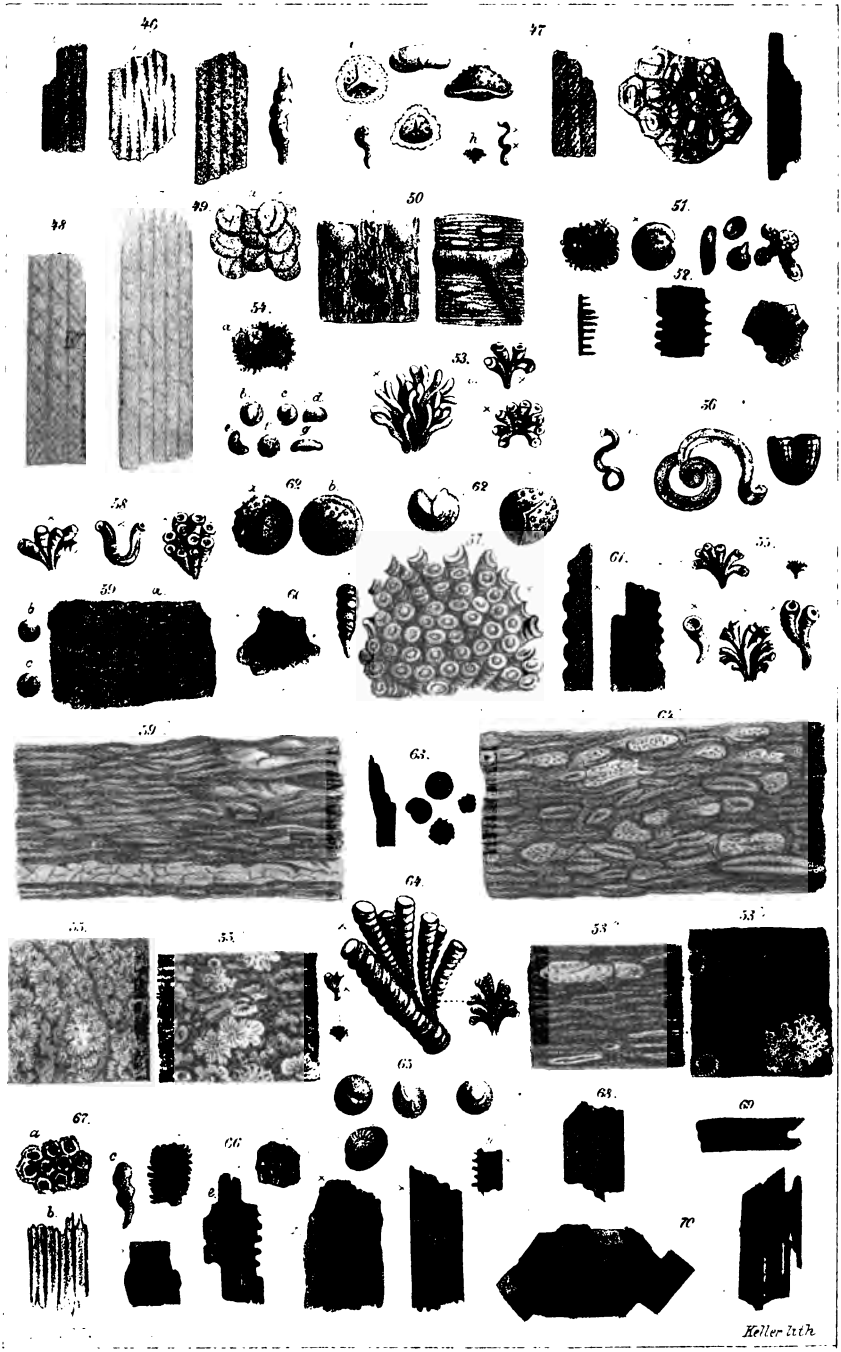
Die spezielle Annahme der Gleichheit der 3 Widerstandsmomente des Stabes fördert also gegenüber jener der 2 Widerstände gegen Biegung keine neuen Erscheinungen zu Tage — zum Unterschiede von dem Rotationsproblem, welches beim Uebergang von 2 gleichen Trägheitsmomenten auf 3 erheblich vereinfacht wird.


Keller lith.




33.
34.
36.
35.
37.
38.
39.
40
41.
42
43.
44.
45.




46.
47.
48.
49.
50.
51.
52.
53.
54.
55.
56.
57.
58.
59.
60.
61.
62.
63.
64.
65.
66.
67.
68.
69.
70.
Keller lith.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Herr Dr. C. W. v. Gümbel trägt vor:

„Beiträge zur Kenntniss der Texturverhältnisse der Mineralkohlen".

(Mit 3 Tafeln.)

Erste Abtheilung.

Die jüngst erschienene wichtige Abhandlung von H. Fischer und Rüst über das mikroskopische und optische Verhalten verschiedener Kohlenwasserstoffe, Harze und Kohlen[1]) gibt mir Veranlassung, früher von mir angestellte Untersuchungen über Mineralkohlen, deren Ergebnisse geeignet scheinen, die in neuester Zeit von verschiedenen Seiten laut gewordenen Ansichten über die Texturverhältnisse und die Entstehungsweise der kohligen Substanzen des Mineralreichs in wesentlichen Punkten zu vervollständigen und theilweise zu berichtigen, nunmehr zusammenzustellen und zur Mittheilung zu bringen.

Meine Untersuchungen haben in erster Linie andere Ziele verfolgt, als diejenigen sind, welche H. Fischer und Rüst bei ihren Arbeiten im Auge hatten. Letztere suchten hauptsächlich die bisher mangelhafte Kenntniss der mineralogischen Beschaffenheit der kohligen Substanzen näher festzustellen, während ich mich über jene Verhältnisse

1) In Groth's Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie Bd. VII, S. 209, 1882.

zu unterrichten versuchte, welche sich auf die Bildung der Mineralkohle beziehen und deren Feststellung dazu dienen kann, die in neuerer Zeit vielfach wieder in Frage gestellte Entstehung der kohligen Mineralien, insbesondere der Steinkohle aus Land- und Süsswasserpflanzen im Gegensatz zu ihrer Bildung aus Meeresalgen[1]) klar zu stellen, sowie über die näheren Umstände der Kohlenflötzablagerungen orientirende Aufschlüsse zu erhalten. Es war mir dabei von vornherein wahrscheinlich, dass weder die chemischen Betrachtungen für sich, noch auch die Untersuchungen in Dünnschliffen allein genügen, um in dieser Richtung zu voller Klarheit zu gelangen. Es schien mir nothwendig, zugleich auch die Textur der Kohlensubstanz an sich und in der Art, in welcher wir die Kohlen in der Natur auf den verschiedenen Lagerstätten ausgebildet finden, im Zusammenhalte mit der Beschaffenheit der sie begleitenden Gesteine in Berücksichtigung zu ziehen. Ich versuchte zunächst die Hilfsmittel, welche uns die Chemie und das Mikroskop an die Hand geben, in Anwendung zu bringen, um tiefere Einsicht in die durch die enge Zusammenhäufung und Vermengung verschiedenartigen Materials selbst in Dünnschliffen schwer zu unterscheidenden wesentlichen Gemengtheile der Kohlenmassen zu gewinnen, ohne jedoch vorläufig auf Fragen über die chemische Natur der Substanzen weiter einzugehen.

Es ist in dieser Beziehung eine auffallende Thatsache, dass weder in der im Eingange erwähnten vortrefflichen Arbeit, noch in Muck's Kohlenchemie und in Grand Eury's so erschöpfenden Abhandlung über die Steinkohlenbildung[2]) auf diese Untersuchungsmethode Rücksicht genom-

1) Siehe Muck, Grundzüge und Ziele der Steinkohlenchemie, 1881, S. 122, und Fremy in Comptes rendus t. 88, p. 1048.

2) Mémoire sur la formation de la houille in den Annales des mines 8e Ser., t. I, 1882, p. 99.

men wurde, welche in ihren Hauptzügen schon seit längerer Zeit bekannt ist und auf welche in Zirkel's Werke: „Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine" S. 260 nach Gebühr hingewiesen wurde. Ich selbst [1]) habe wiederholt auf die lehrreichen Ergebnisse aufmerksam gemacht, welche sich auf diesem Wege erzielen lassen. Es ist dies der Hauptsache nach die von den Botanikern vielfach benützte Anwendung von Kaliumchlorat und Salpetersäure, welche, wie es scheint, zuerst von Franz Schulze in Rostock [2]) auch auf die Untersuchung von Steinkohlen mit dem besten Erfolge übertragen wurde. Schulze hat empfohlen, die zerkleinerte Steinkohle mit einem Gemische von Kaliumchlorat und mässig concentrirter Salpetersäure zu behandeln, und aus dem auf diesem Wege erhaltenen Produkte die braune, dunkelfärbende Substanz durch Ammoniak zu entfernen, um die nunmehr vollständig durchsichtig gewordene Zellenmembran in einem zur Untersuchung unter dem Mikroskop geeigneten Zustande zu erhalten. Es ist schwer verständlich, wesshalb diese einfache Untersuchungsmethode so wenig Anwendung gefunden hat. Ich vermuthe, dass die genaue Befolgung der gegebenen Vorschrift in vielen Fällen desshalb nicht zu dem gewünschten Ziele geführt hat, weil hierbei meist nur höchst dürftige, sehr zarte und schwer erkennbare Reste der Pflanzensubstanz übrig bleiben, die sehr leicht ganz übersehen werden können. Dazu kommt, dass die Anwendung so scharfer, ätzender Chemikalien mancherlei Unannehmlichkeit im Gefolge hat und namentlich, dass das Mikroskop durch die sich entwickelnden Dämpfe der Gefahr ausgesetzt ist, Schaden zu leiden.

1) Geognost. Mittheil. aus d. Alpen. Abth. V, Sitz.-Ber. d. bayer. Acad. d. Wiss. 1879, S. 41, dann über Steinmeteorite in Bayern, Sitz.-B. d. bayer. Acad. d. Wiss. 1878, I.

2) Monatsber. d. Berliner Acad. d. Wiss. 1855, B. 675.

Ich habe diese Schulze'sche Methode wesentlich dahin abgeändert, dass ich zunächst die Anwendung von Ammoniak unterlasse. Denn es hat sich gezeigt, dass das Ammoniak nach der Behandlung mit Kaliumchlorat und Salpetersäure in dem erhaltenen Rückstande eine grosse Masse der Kohlensubstanz völlig auflöst und zerstört, welche die Pflanzentextur in der ausgezeichnetsten Weise erkennen lässt. Es ist daher zweckmässig, die erste mikroskopische Untersuchung vor der Behandlung mit Ammoniak vorzunehmen. Dabei ist allerdings die tiefbraune Färbung des Rückstandes störend und erschwert sehr häufig das Erkennen der feinen Pflanzentextur. Ich benütze daher zur theilweisen Entfernung dieser braunen Färbung absoluten Alkohol in einer später näher zu erörternden Weise. Welch beträchtlicher Unterschied sich ergibt, je nachdem man die eine oder die andere Behandlungsweise in Anwendung bringt, zeigt beispielsweise die mit dem Traunthaler Lignit vorkommende Faserkohle in dem auffallendsten Grade. Nach der Einwirkung der Mischung von Kaliumchlorat und Salpetersäure auf diese Faserkohle bewirkt Ammoniak eine nahezu vollständige Auflösung der behandelten Masse und damit natürlich auch ein Verschwinden aller wahrnehmbaren Texturanzeichen, während bei Anwendung von Alkohol an Stelle des Ammoniaks sich die Textur von Coniferenholz in einer Schönheit erkennen lässt, welche mit jener im Lignite selbst wetteifert. Eine gleiche Erfahrung habe ich in zahlreichen anderen Fällen gemacht und gefunden, dass es sich oft als vortheilhaft erweist, auch schon vor Anwendung von Alkohol die Probe einer mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen, weil selbst durch Alkohol in manchen Fällen gewisse Texturandeutungen verwischt werden.

Da die Herstellung der zu einer mikroskopischen Untersuchung brauchbaren Proben bei der Anwendung der angeführten Chemikalien wesentlich von dem eingehaltenen Ver-

fahren abhängt, dürfte es nützlich erscheinen, die von mir eingeschlagene Behandlungsweise hier etwas näher zu schildern, wobei ich zum Voraus bemerken will, dass unter allen übrigen versuchten zahlreichen Oxydationsmitteln mir keines bessere Dienste leistete, als Kaliumchlorat und Salpetersäure, welche Mischung im Folgenden der Kürze wegen als „Bleichflüssigkeit" bezeichnet werden soll.

Am zweckdienlichsten hat sich mir die Benützung einer gesättigten Lösung von Kaliumchlorat in Wasser und einer Salpetersäure von 1,47 sp. Gew. bewährt. Bei zu energischer Einwirkung auf gewisse jüngere kohlige Substanzen kann diese Mischung beliebig verdünnt werden. Man lässt diese Mischung längere Zeit auf die Kohlenprobe einwirken. Es ist für das Gelingen wesentlich, dass die Einwirkung langsam von statten geht, wesshalb man die Proben tagelange stehen lässt. Zeigt es sich, dass die Kohle sehr wenig angegriffen wird, was an der hellgelben Färbung der Flüssigkeit anstatt einer tiefbraunen sich bemerkbar macht, so kann die aufgegossene Bleichflüssigkeit mit einer neuen vertauscht werden oder man sucht durch Erwärmen die Oxydationseinwirkung zu verstärken. Manche Kohlen leisten einer derartigen Mischung grossen Widerstand. In diesem Falle wendet man Kaliumchlorat in Substanz an, das man mit der kohligen Substanz vermengt und mit starker Salpetersäure in Proberöhrchen übergiesst. Doch ist hierbei grosse Vorsicht nöthig, weil in manchen Fällen bei feinpulverigen und leicht zersetzbaren jüngeren Kohlensorten zuweilen heftige Explosionen erfolgen, wobei die Mischung aus den Röhren herausgeschleudert wird und leicht Beschädigungen verursacht. Ueberhaupt kommt es zuweilen namentlich bei dem Erwärmen vor, dass wahrscheinlich in Folge von Bildung kleiner Mengen von Chlorstickstoff unter starkem Knall kleine Explosionen sich ereignen, wie denn überhaupt wegen der Entwicklung von Chlorgas bei der ganzen Manipulation

die grösste Vorsicht anzurathen ist. Gewisse Kohlensorten, namentlich die ältere anthracitische Faserkohle und der derbe Anthracit widerstehen grössten Theils selbst der Einwirkung von festem Kaliumchlorat und Salpetersäure unter Anwendung der Kochhitze; es werden bei diesen meist nur geringe Antheile der Substanz angegriffen, die Hauptmasse zeigt nur an den dünnen Rändern gleichsam ein Abschmelzen und den Anfang vom Durchscheinendwerden. In solchen Fällen ist das vorgängige Kochen der Kohlenproben in concentrirter Schwefelsäure bisweilen zweckdienlich, indem dadurch wenigstens einzelne Theile der Kohlensubstanz bei der nachfolgenden Einwirkung der Bleichflüssigkeit hinreichend durchsichtig werden, um sie zu einer mikroskopischen Untersuchung verwenden zu können. Ein anderer Theil dieser Anthracite bleibt auch bei diesem Verfahren undurchsichtig und nimmt nur an den Rändern nach und nach an Substanz ab. Bei solchen Kohlenarten führt nur die schon früher vielfach mit gutem Erfolge benützte Methode einer langsamen und theilweisen Einäscherung zum Ziele, indem in der Asche dünner Splitter oft in unerwarteter Klarheit die volle pflanzliche Textur sichtbar wird. Ueberhaupt ist es sehr nützlich, mit der Untersuchung der Kohle selbst auch die ihrer Asche zu verbinden. Es gelingt sogar ziemlich leicht, Kohlendünnschliffe einzuäschern, welche lehrreiche Aufschlüsse geben.

Was die Beschaffenheit der zur Untersuchung verwendeten Kohlen anbelangt, so wählt man am vortheilhaftesten möglichst dünne, dabei gleichmässig dicke, plattenförmige Splitter, wenn nicht für besondere Zwecke erforderlich wird, grössere Stücke in Anwendung zu bringen. Oft macht es die Kohlenart, die derartige Bruchstücke zu gewinnen nicht gestattet, nothwendig, Bruchstücke wie sie sich eben bieten, zu benützen. Auch losgelöste Dünnschliffe liefern meist ein sehr brauchbares Material; doch gewähren sie in der Regel gegenüber dem zu ihrer Herstellung nothwendigen Aufwand

an Arbeit keinen entsprechend grösseren Vortheil, als die bei einiger Uebung leicht mit dem Hammer zu gewinnenden flachen Splitter. Es ist zu empfehlen, diese Splitter sowohl parallel der Schichtfläche, als senkrecht zu derselben einer gesonderten Behandlung zu unterwerfen.

Die Einwirkung der Bleichflüssigkeit darf als für eine weitere Behandlung genügend erachtet werden, sobald die verwendeten Kohlenstückchen lichtbraun gelblich sich zeigen. Es ist räthlich, sobald sich lichter gefärbte Fragmente bemerkbar machen, sofort die weitere Untersuchung vorzunehmen. Ergibt sich hierbei, dass die Kohlenstückchen noch nicht den erforderlichen Grad der Oxydation erlangt haben, so lässt man die Bleichflüssigkeit wiederholt auf dieselbe einwirken, je nach Umständen unter Anwendung von Kaliumchlorat in Substanz oder unter Beihilfe von Wärme. Bei gewissen Kohlenarten (Fett-Glanz-Backkohle u. s. w.) erweist es sich als sehr vortheilhaft, die Kohlenstückchen vor ihrer weiteren Behandlung zu erhitzen, um die flüchtigen Bestandtheile, deren Anwesenheit häufig die Klarheit der Präparate beeinträchtigt, zu entfernen. Doch darf der Hitzegrad nicht so hoch gesteigert werden, dass die Kohle sich deformirt, schmilzt oder sich aufbläht.

Es ist nicht rathsam, nach erfolgter Einwirkung der Bleichflüssigkeit dieselbe mit Wasser zu verdünnen, weil hierbei in den allermeisten Fällen sofort eine Ausscheidung von humusartigen Flocken erfolgt, welche die zersetzten Kohlenstückchen umhüllen und bei der mikroskopischen Untersuchung unklar machen. Es ist vielmehr anzuempfehlen, die Bleichflüssigkeit langsam und behutsam abzugiessen und die erste mikroskopische Untersuchung sofort an den zurückbleibenden gebleichten Kohlenfragmenten vorzunehmen. In diesem Zustande besitzen indess die Kohlenproben meist noch eine tiefbraune Färbung und einen geringen Grad von Durchsichtigkeit, welche verhindern, die bereits meist jetzt schon

wahrnehmbare organische Textur in voller Klarheit hervortreten zu lassen. Um letzteres zu erzielen, übergiesst man die Probe, nachdem die Säure zuletzt durch Abrinnen entfernt worden ist, mit starkem Alkohol, welcher die entstandene humusartige Substanz auflöst und bewirkt, dass nunmehr die Kohlenstückchen einen hohen Grad von Durchsichtigkeit erlangen und daher zur genauen Untersuchung unter dem Mikroskop geeignet sich erweisen. Je nach der Natur der Kohle kommt es wohl auch vor, dass die Einwirkung der Bleichflüssigkeit eine zu energische war, und der Alkohol fast den ganzen Rückstand der Kohlensubstanz in Lösung aufnimmt, wodurch jede weitere Untersuchung vereitelt wird. Von der glücklichen Wahl des Zeitpunktes, in welchem die Zersetzung der kohligen Probesubstanz den erforderlichen Grad erreicht hat, hängt daher das Gelingen des Versuchs einzig und allein ab und man muss desshalb in erster Linie trachten, etwa mit Hilfe einiger Vorversuche diesen wichtigen Moment richtig beurtheilen zu lernen.

Bisweilen kommt es vor, dass sich bei der Behandlung mit Alkohol verunreinigende Salze aus der Flüssigkeit, mit welcher sich die Kohlenproben imbibirt haben, ausscheiden. Sie lassen sich leicht durch geringe Mengen von Wasser auflösen und entfernen.

Zu den Pflanzentheilen, welche der Einwirkung von Chemikalien grossen Widerstand entgegensetzen, gehören z. B. die Epidermalgebilde, Pollenkörner, Samenhäutchen, Sporen u. s. w. Es ist sehr bemerkenswerth, dass diese Gebilde, auch wenn sie in den Kohlenprozess eingegangen sind, diese Eigenschaft unverändert beibehalten haben. Behandelt man daher nach der Einwirkung des Alkohols die vorbereiteten Kohlenproben noch weiter mit verdünnten Alkalien (Ammoniak, kohlensaures Ammoniak oder Kalium), so geht noch ein übriger Theil der Substanz in Lösung, und es bleiben, abgesehen von etwa erdigen Schülferchen, alsdann nur mehr

meist als zarte Flocken und Häutchen sichtbare Reste zurück, welche sich unter dem Mikroskop als Epidermalgebilde, Indusien, Sporenhäute und Pollenkörner zu erkennen geben. Da derartige Gewebe oft einen beträchtlichen Antheil an der Zusammensetzung der Mineralkohlen nehmen, darf man nicht unterlassen, schliesslich auch noch eine verdünnte Lösung etwa von Ammoniak oder kaustischem Kali auf die vorher mit der Bleichflüssigkeit und Alkohol behandelten Kohlenproben einwirken zu lassen.

Es ist wohl nicht überflüssig, auf gewisse häufiger vorkommende Erscheinungen aufmerksam zu machen, welche zuweilen bei diesen verschiedenen Manipulationen auftreten, und welche leicht zu Täuschungen Veranlassung geben könnten. Besonders ist dies bei der mikroskopischen Untersuchung der Fall, wenn neben den kohligen Substanzen Fragmente von Schiefer im Rückstande sich vorfinden, welche in dünnen Splitterchen eine Art zelliger Struktur erkennen lassen, so dass die Versuchung nahe liegt, diese für ein Zeichen von pflanzlicher Textur anzunehmen und die Schiefertheilchen selbst für Pflanzenfragmente anzusehen. Dazu kommt ferner, dass unter den Rückständen sich häufig dünne Häutchen und selbst grössere Flocken einer gelblichen oder graulichen Masse vorfinden, welche von äusserst zahlreichen runden, ungleich grossen und unregelmässig vertheilten Löchern durchbrochen sind und für organische Formen (nacktes Plasma) gehalten werden könnten. Es sind harz- oder humusartige Ausscheidungen aus der Kohle, welche sich wahrscheinlich erst in Folge der Säureeinwirkung gebildet haben. Nicht weniger häufig kommen runde, tiefbraune oder gelblich gefärbte kleinste Kügelchen unter dem Mikroskop zum Vorschein, welche zuweilen in auffallend gleicher Grösse so aneinander gereiht sich zeigen, dass sie auf das lebhafteste an gewisse Algen- und Pilzformen erinnern. Noch täuschender erscheinen grössere vollständig runde Kügelchen, welche entweder compakt oder

aber im Innern hohl und in letzterem Falle von einer nach Art der soeben beschriebenen Häutchen durchlöcherten Hülle umschlossen sind und wegen dieses oft sehr zierlichen Aussehens sehr in die Augen fallen. Sie könnten leicht zu Verwechselungen mit Sporen und Pollen oder Diatomeen Veranlassung geben. Da derartige Kügelchen in der Kohle schon vorgebildet eingebettet liegen, wie sich in Dünnschliffen beobachten lässt und wie sie auch schon von früheren Forschern wahrgenommen worden sind, und da ihre Substanz sich in der Wärme verflüchtigt und von Lösungsmitteln z. B. Alkohol zum Theil aufgenommen wird, so scheint es kaum zweifelhaft, dass wenigstens ein Theil dieser durch die beschriebene Behandlung frei gewordenen Kügelchen einem schon in der Kohle eingeschlossenen Fossilharze angehört. Die oben erwähnte durchlöcherte Hülle dürfte einer unlöslich gewordenen, vielleicht erdigen Ueberrindung entsprechen. (Vergl. Taf. I Fig. 1—3.)

Zu diesen harzartigen Substanzen gesellen sich ferner dünne Blättchen mit concentrischen Linien und strahlig faserigen Streifchen, welche häufig von einem meist ausserhalb der Mitte liegenden Punkte strahlenförmig auslaufen, so dass fischschuppenähnliche Zeichnungen entstehen (Taf. I Fig. 4). In der Kohle vor ihrer Behandlung mit der Bleichflüssigkeit lassen sich ähnliche aus Kalk-, Dolomit- oder Eisenspath, Schwefelkies, Bleiglanz oder Blende bestehende, durch ihre weisse Farbe oder den metallischen Glanz in die Augen fallende Blättchen in erstaunlicher Menge auf den Klüftchen der Glanzkohle wahrnehmen. Am ausgezeichnetsten kommen sie auf den spiegelnden Flächen der sogenannten Augenkohlen vor. Sie erscheinen auch in der Asche der Kohle in grosser Anzahl. In dem Rückstande der mit der Bleichflüssigkeit behandelten Kohle können solche Karbonatblättchen nicht mehr vorkommen, weil sie aufgelöst worden sind. Die in diesem Rückstande noch erhaltenen strahligen

Blättchen scheinen aus Quarz zu bestehen; denn sie zeigen i. p. L. schwache Farben und lösen sich in Flusssäure auf.

Mit und neben denselben zeigen sich in manchen Kohlen ziemlich zahlreich kleine scheibenförmig gewölbte, Coccolithen-ähnliche Körperchen mit zarten concentrischen Streifchen. Auch sie sind schwach doppeltbrechend und lassen i. p. L. das schwarze Kreuz der sphärolithischen Gebilde sehr schön wahrnehmen. Sie haben grosse Aehnlichkeit mit den sogenannten Infiltrationspunkten mancher verkieselter Schalen, scheinen gleichfalls aus Kieselsubstanz zu bestehen und gleichsam die ersten elementaren Formen der beginnenden Verkieselung darzustellen. (Taf. I Fig. 5.) Ich füge hier die Bemerkung bei, dass ich die gleichen rundlichen Scheibchen schon sehr häufig in Rückständen der in Säuren aufgelösten Kalksteine beobachtet habe. Sie gewinnen dadurch eine erhöhte allgemeinere Bedeutung. Ueber andere, mehr vereinzelt zum Vorschein kommende Einschlüsse in der Kohle behalte ich mir vor, bei der Beschreibung der einzelnen Untersuchungsobjekte weitere Mittheilung zu machen.

In gewissen Fällen versuchte ich als Vorbereitung für die nachfolgende Behandlung mit der Bleichflüssigkeit auch noch andere chemische Hilfsmittel in Anwendung zu bringen. Bei den verschiedenen Schieferarten, welchen die Kohlenflötze zu begleiten pflegen und welche eine unerwartete Fülle von prächtig erhaltenen Pflanzenresten beherbergen, benützte ich Flusssäure, um die von erdigen Theilen eingeschlossenen kohligen Substanzen frei zu machen, mit dem besten Erfolge. Dies gilt namentlich auch von den in dem Schiefer eingebetteten Pflanzenresten mit Kohlenrinde z. B. Farnfiederchen und ähnliche Blattorgane, welche durch dieses Hilfsmittel von ihrer Gesteinsunterlage sich trennen lassen, dabei zwar meist in eigenthümliche, spitzrhomboëdrische Splitterchen zerfallen, zuweilen aber auch noch in zusammenhängenden Partien sich gewinnen lassen. Besonders vor-

theilhaft zeigte sich auch die Anwendung der Flusssäure bei den an erdigen Rückständen reichen Boghead-artigen Kohlen.

Bei den kalkigen und mergeligen Gesteinen, welche nicht selten mit oder zwischen den jüngeren Kohlenflötzen vorkommen, wie der Kalkstein des pfälzischen Kalkkohlenflötzes, der Stinkstein der tertiären Pechkohlen von Häring und der Molassekohle in Südbayern, erhält man durch Behandeln der Kalksteine mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure einen meist zusammenhängenden Körper, der sich wie erdige Schieferkohle verhält und nunmehr leicht einer weiteren Untersuchung unterzogen werden kann.

Endlich bei Kohlenarten, welche an harzartigen Beimengungen sehr reich sind, wie z. B. der Pyropissit, die Bogheadkohle u. s. w., ist es angezeigt, durch die bekannten Lösungsmittel der Harze: Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Benzin, Terpentinöl, Steinöl u. s. w. die kohlige Substanz einer erfolgreicheren Einwirkung zugänglich zu machen. Doch hat sich mir diese Behandlungsweise als wenig ausgiebig erwiesen. Es ist bemerkenswerth, dass die Versuche, die Fossilharze durch die für Erkennen der Harztheile an lebenden Pflanzen benützten Reagentien, wie Kupferacetat, die Alkannatinktur und das Hanstein'sche Anilinviolett nachzuweisen, nur negative Resultate auch bei den isolirten harzähnlichen Kügelchen ergaben.

Was nun die Frage über die Texturverhältnisse der verschiedenen Mineralkohlen anbelangt — die chemischen und rein botanischen Verhältnisse sollen hier vorläufig ganz aus dem Spiel bleiben — so finden wir den Stand derselben bis zum Jahre 1873 in Zirkels vortrefflichem Buche über die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine in einer so erschöpfenden Gründlichkeit behandelt, dass es vollständig überflüssig wäre, hier noch einmal darauf zurückzukommen. Es genügt, auf diese

gründliche Darstellung zu verweisen. In neuerer Zeit hat sich namentlich P. F. Reinsch und in allerjüngster Zeit, wie schon erwähnt wurde, Fischer und Rüst mit Untersuchungen über die Texturverhältnisse der kohligen Mineralien befasst. Der zuerst genannte Verfasser eines umfangreichen, mit sehr zahlreichen Abbildungen versehenen Werks: Neue Untersuchungen über die Mikrostruktur der Steinkohle, 1881, hat mit wahrhaft bewunderungswürdigem Fleisse und Geschicklichkeit an einer höchst beträchtlichen Anzahl von Kohlendünnschliffen die Texturverhältnisse in einer Vollständigkeit, wie noch Niemand vor ihm, darzustellen versucht; leider war derselbe aber in der Deutung der gewonnenen Resultate wenig glücklich, indem er die aufgefundenen Zeichen der Textur der Hauptsache nach nicht für das erkannte, was sie wirklich sind: nämlich für Gewebe von bekannten Pflanzengebilden analog den jetzt lebenden, sondern sie für Reste eigenthümlicher, mit recenten Pflanzenformen sich eigentlich nicht vergleichenlassender Typen vorweltlicher Protophyten, d. h. nackter oder mit Andeutung einer Aussenschicht versehener Protoplasmakörper erklärte. Auch hat sich Reinsch durch mineralische Einlagerungen, wie es etwa die vorn erwähnten Carbonat- und Kieselblättchen, Schwefelkiesdendriten u. dgl. sind, indem er sie als zu seinen Protoplasmen gehörig deutete, vielfach täuschen lassen, wie dies bereits Fischer und Rüst (a. a. O. S. 232) angegeben haben. Trotz alledem hat sich Reinsch in Bezug auf die Kenntniss der Texturverhältnisse der Mineralkohle unbestreitbare Verdienste erworben. Fischer und Rüst kamen mit Anwendung der Dünnschliffmethode über den Nachweis dürftiger Spuren von Texturresten pflanzlichen Ursprungs nicht hinaus. Die hervorragenden Arbeiten auf phytopaläontologischem Gebiete, welche in der neuesten Zeit durch Carruthers, Williamson, Göppert, Weiss, Stur, Lesquereux, Dawson, Grand'Eury, Renault u. A. namentlich in Bezug auf Kohlenpflanzen geliefert wurden,

befassen sich grossen Theils mit rein botanisch-anatomischen Nachweisen, welche an Pflanzeneinschlüssen in Kohlenschiefer, besonders an verkieselten Steinkohlenstämmen in überraschender Klarheit gewonnen werden können. Dadurch wurde auch die Basis für die botanische Beurtheilung der in den Steinkohlen selbst vorkommenden Pflanzenspuren gewonnen und es ist zu hoffen, dass es gelingen wird, auch die kleinen, zerstückelten und dürftig erhaltenen Ueberreste der Kohlen botanisch richtiger, als es bisher möglich war, den verschiedenen Pflanzengattungen, von denen sie herstammen, zuzuweisen.

Indem ich mich nunmehr zur Mittheilung meiner Untersuchungsresultate der Texturverhältnisse kohliger Mineralien wende, welche, wie schon bemerkt wurde, das eigentliche botanische und chemische Gebiet nur soweit, als es zur allgemeinen Beurtheilung erforderlich wurde, berühren, glaube ich den systematischen Gang von den jüngeren zu den älteren Gebilden beibehalten zu sollen, den ich bei der Vornahme der Versuche selbst eingeschlagen habe. Die Frage über die Entstehung der älteren Kohlenablagerungen aus den jetzigen Torfmooren ähnlichen Pflanzenanhäufungen vorläufig offen lassend, hielt ich es gleichwohl für nützlich, die Untersuchung mit den torfartigen Substanzen zu beginnen und von diesen aus auf die nächst älteren quartären und tertiären Kohlen überzuführen, um endlich die ältesten Mineralkohlen, die Steinkohlen, den Anthracit und den Graphit einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Dabei suchte ich mir durch Beobachtungen an den Pflanzenresten, welche isolirt in den die Kohlenflötze begleitenden Gesteinen vorkommen, einen Ueberblick über den Formenkreis von Pflanzengeweben zu verschaffen, welche voraussichtlich an der Zusammensetzung auch der dichten Kohlensubstanz selbst betheiligt sind. Ich darf nicht unterlassen, auf die eminent praktische Bedeutung derartiger Untersuchungen hinzuweisen, welche

in der Technik wichtige Anhaltspunkte über die Natur und den Gebrauchswerth der Mineralkohlen in ihren verschiedensten Abstufungen zu geben versprechen.

I. Torf- und torfähnliche kohlige Substanzen.

Den ersten Schritt zur Kohlenbildung macht die Pflanzensubstanz, indem sie durch einen Fäulniss- und Vermoderungsprocess sich in Torf umbildet. Die Aehnlichkeit gewisser ins Dichte übergehender Torfarten, wie der Specktorf, der sog. Mar-, Lebertorf, der Pechtorf und der im Torf vorkommenden Hölzer mit diluvialen und manchen tertiären Braunkohlen ist so gross, dass man an einen allmähligen Uebergang zwischen derartigen Bildungen nicht wohl zweifeln kann. Für die diluviale Kohle der Schweiz ist dies sowohl in Bezug auf die an deren Zusammensetzung betheiligten Pflanzen, als in Bezug auf die Lagerungsverhältnisse durch Heer (Urwelt d. Schweiz II. Aufl. S. 527) festgestellt worden. Dies wird auch von Schröter in seiner Untersuchung der Flora der Eiszeit (S. 11) bestätigt. Bezüglich der oberbayerischen Diluvialkohle habe ich das gleiche Verhalten (Geogn. Beschr. d. bayer. Alpengebirgs S. 804) nachgewiesen. Auch gewisse tertiäre Braunkohlenablagerungen, wie z. B. der Oberpfalz, tragen ganz genau den Character von Torfmooren an sich (s. meine geogn. Beschr. des Ostbayerischen Grenzgebirgs S. 794). In den Braunkohlen von Sauforst wiederholen sich dieselben Einlagerungen von Diatomeenerde, wie wir sie jetzt noch in den benachbarten Mooren von Weiden in dem Torf als sog. Weissen, bei Franzensbad und an vielen anderen Orten eingebettet finden. Der dichte Torf repräsentirt hier eine ähnliche Braunkohlenbildung, wie jene bei Sauforst. Seine Untersuchung lehrt, dass derselbe aus sehr zerfallenen und zer-

bröckelten Pflanzentheilchen besteht, bei welchen die Pflanzentextur kaum besser erhalten ist als bei gewissen Braunkohlen. Die beträchtliche Dichte der Masse ist nicht Folge sehr grossen, auf dieselbe einwirkenden Druckes, sondern durch den innigen Anschluss der in kleinste Theilchen zerfallenen Pflanzenreste bewirkt. Nicht nur Samen, sondern auch zum Theil selbst ausgehöhlte Wurzeln finden sich ohne wesentliche Verdrückung in demselben eingeschlossen. Man beobachtet zwar vielfach in dem Torfmoor, z. B. sehr ausgezeichnet in jenem von Pappenberg, völlig plattgedrückte Baumstämme, aber diese Deformation kann nur als Folge der durch den Fäulnissprocess bewirkten völligen Erweichung der Holzsubstanz gedeutet werden, da diese Stämme in einer unbeträchtlichen Tiefe oft von kaum $^1/_2$ m unter der Oberfläche und überdiess in völlig lockerem Torf eingebettet sich finden, in dem sich kaum Spuren einer Druckwirkung bemerkbar machen.

Diese kleinsten durch Vermoderung umgebildeten Pflanzenstückchen sind nicht nur innigst vermengt, ineinander geschoben, gleichsam verfilzt, sondern auch in den dichten Torfarten durch eine humusartige Substanz, welche wie ein Bindemittel zwischen die Trümmer sich legt und in dieselbe eindringt, verbunden und mehr oder weniger fest verkittet. Man kann sich in dünnen Schnitten, die sich leicht mit dem Messer an befeuchteten Stellen herstellen lassen, von der Anwesenheit einer solchen braunen Kittmasse überzeugen. Dies ergibt sich auch bei Anwendung schwacher Kalilauge, welche diese braune Substanz auflöst, so dass nach dieser Behandlung die vorher harte und feste Torfsubstanz nunmehr völlig erweicht erscheint und sich in einzelne Fragmente zertheilen lässt. Bisweilen zerfällt die auf eine solche Weise behandelte Torfmasse nach dem Austrocknen in ein erdig lockeres Pulver.

Bei der Einwirkung der alkalischen Flüssigkeit schwillt die Torfmasse zwar etwas auf, aber dies beträgt nicht mehr als das Maass des Schwindens bei dem Austrocknen ausmacht.

Um die Wirkung des grossen Druckes bei der Torfsubstanz kennen zu lernen, habe ich auf ganz lockeren Moostorf, welcher fast ausschliesslich aus *Sphagnum*-Stängelchen und Blätter zusammengesetzt ist, einen hohen Druck einwirken lassen. Es ergab sich hierbei, dass bei einem Druck von 6000 Atm. [1]) senkrecht zur Oberfläche der Torfschicht angewendet eine Torfmasse von 100 cm Höhe (ringsum eingeschlossen) auf 17,7 cm, bei gleichem Druck aber parallel dem Lager von 100 cm Höhe auf 13,9 cm zusammengedrückt wurde. Dadurch erlangte der Torf die Consistenz und Härte von Pappdeckel und nahm eine scheinbar gleichartige Beschaffenheit an. Die Masse zeigt nunmehr einen glänzenden Strich wie Specktorf, bei dem Aufbrechen eine merkwürdig regelmässige und vollkommene Schichtung in ganz dünne Lagen und unter dem Mikroskop eine sehr beträchtliche Comprimirung der pflanzlichen Theile, wie der Vergleich der *Sphagnum*-Blattzellen vor und nach der Druckwirkung (Taf. I Fig. 6 und 7) lehrt. Der Hauptdimensionsverlust dürfte wohl davon herrühren, dass alle leeren Zwischenräume zwischen den einzelnen Pflanzentheilen durch den Druck beseitigt worden sind. Nach dem Anfeuchten mit Wasser schwillt die comprimirte Masse wieder fast auf die ursprüngliche Dicke an und einzelne *Sphagnum*-Blättchen lassen kaum mehr irgend eine Dimensionsänderung am Blattnetz erkennen.

Dieselben Torfmassen in senkrechter und paralleler Richtung zur Lagerung mit 20,000 Atm. gedrückt, werden von 100 cm auf 10,7 cm und 13 cm reducirt, wobei die com-

1) Diese Druckversuche wurden im mech.-techn. Labor. d. techn. Hochschule durch die Gefälligkeit des Herrn Prof. Bauschinger, wofür ich hier meinen Dank auszusprechen gern Gelegenheit nehme, vorgenommen.

primirte Substanz das Aussehen und die Dichte von Sohlleder erreicht. Im Uebrigen theilen sie das Verhalten der unter 6000 Atm. Druck comprimirten Exemplare und schwellen in Wasser gelegt wieder fast genau zu den ursprünglichen Dimensionen an.

Ganz analog verhält sich der ins Dichte übergehende Fasertorf der südbayerischen Moore mit Ausnahme des Wiederaufschwellens im Wasser. Die durch den hohen Druck hervorgerufene grössere Dichte der Substanz verleiht zwar der Substanz ein mehr gleichartiges Aussehen und dadurch äusserlich eine grössere Aehnlichkeit mit sehr dichtem Pechtorf, die nähere Untersuchung aber lehrt, dass dadurch die Substanz nicht diejenige innere Umbildung erfahren hat, welche mit der Beschaffenheit des Pech- oder Specktorfes verknüpft ist. Es dürfte damit der Beweis geliefert sein, dass durch die bloss mechanische Arbeit des Drucks aus Moos- oder Fasertorf nie ein Specktorf gebildet wird, vielmehr entstehen die verschiedenen Arten des Torfes je nach dem Grade, bis zu welchem die torfbildenden Pflanzentheile eine Zersetzung erlitten haben, dann nach der Natur der beitragenden Vegetation beziehungsweise der chemischen Beschaffenheit des befeuchtenden Wassers, und endlich nach der Menge der in die Masse aufgenommenen humösen Zwischensubstanz. Dabei spielt wohl auch der Umstand eine wichtige Rolle, ob der Torf an Ort und Stelle durch fortdauernde Vegetation sich anhäufte oder durch Einschwemmung von Pflanzendetritus in Wasserbecken abgesetzt wurde.

Unter allen mit dem Torf verwandten Substanzen ist keine der älteren, dichten Mineralkohle ähnlicher, als die sogenannte Torfpechkohle oder Dopplerit, den ich auf einer seiner wenigen Fundstellen (Dachelmoos bei Berchtesgaden) in seinem natürlichen Vorkommen zu beobachten Gelegenheit hatte. (Vergl. N. Jahrb. f. Min. G. und P. 1858, 278). Diese Substanz ist in erdfeuchtem, wasserreichem Zu-

stande elastisch weich, dunkelbraun und geht durch langsames Austrocknen in eine spröde, starkglänzende, rabenschwarze, pechartig dichte, homogene Masse über, welche nunmehr im Wasser nicht wieder erweicht, in Alkohol und Aether sich nicht löst, dagegen in Kalilauge erst etwas anschwillt, dann erweicht und nach und nach zu einer tiefbraunen Flüssigkeit in Lösung geht, mit verdünnter Bleichflüssigkeit behandelt gleichfalls erweicht, klebrig wird und schliesslich sich mit Hinterlassung ganz geringer Mengen eingeschlossener Torfpflanzen und kleiner gelber Kügelchen mit tiefbrauner Färbung auflöst. Bemerkenswerth sind die bei beiden Lösungsmitteln zurückbleibenden mikroskopisch kleinen, intensiv braungelben, oft algenartig aneinander gereihten *Gaillonella ferruginea* ähnlichen, oft auch einzeln erscheinenden gelblich braunen, schon im Eingang erwähnten Kügelchen, wie solche bei fast allen älteren Mineralkohlen nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit in fast ganz gleicher Weise immer wieder auftauchen. Sie brechen das Licht schwach, zeigen i. p. L. das schwarze Kreuz kugeliger Bildungen und scheinen einer cerinartigen Substanz anzugehören. (Vergl. Taf. I Fig. 3.)

Der Dopplerit erscheint in dünnen Blättchen als gelbbraune homogene Masse ziemlich durchsichtig, zeigt weder anfänglich noch in einem Zwischenstadium seiner Zersetzung durch die Bleichflüssigkeit Spuren organischer Textur und schliesst nur vereinzelte Fragmente von Torfpflanzen namentlich von Gräsern in seine Masse ein. Er ist eine gleichartige, amorphe Substanz, von der gemäss des Gesammtverhaltens und der Art des Vorkommens auf der natürlichen Lagerstätte angenommen werden muss, dass sie durch eine Ausscheidung aus und in dem Torf ähnlich, wie die Kieselsubstanz in den Hornsteinknollen der Kalksteine entstanden sei, ohne dass hierbei ein erhöhter Druck in irgend einer Weise mitgewirkt hat. Denn sie liegt

in völlig lockerem normalen Torfe, welcher zahlreiche nicht im geringsten Grade zusammengepresste Pflanzentheile umschliesst. Der Dopplerit verbrennt mit russender Flamme und hinterlässt (8,25%) eine schneeweisse Asche von dem Umfange des verbrannten Stücks. Diese Asche zerfällt im Wasser nicht leicht, besteht zerdrückt und unter dem Mikroskop betrachtet aus fein gekörnelten Splitterchen und löst sich unter starkem Brausen in Säuren. Das Ganze macht den Eindruck, als ob die Kalkerde im Dopplerit mit der humusartigen Substanz chemisch verbunden gewesen wäre. Was dieser Substanz eine erhöhte Bedeutung gibt, ist der Umstand, dass die in den meisten Torfarten vorfindliche Einträukungs- und Verkittungsmasse sich physikalisch, optisch und mit grosser Wahrscheinlichkeit auch chemisch mit ihr gleich verhält und dass wir in fast allen Mineralkohlen einer ähnlichen Ausscheidung und Zwischenmasse begegnen, welche die gleiche Rolle wie der Dopplerit in Bezug auf den Torf bei den älteren kohligen Bildungen zu spielen scheint.

Manche Torfarten erlangen durch das Austrocknen einen hohen Grad von Härte und das Aussehen einer mehr oder weniger dichten, fast homogenen Masse. Das, was man gewöhnlich Specktorf nennt, ist durchgängig ein Mittelglied des Torfs mit noch vorwaltend fasriger Struktur und mit Uebergängen in eine scheinbar gleichförmige Masse. Bei dem Austrocknen dieses Torfs tritt in der Regel eine streifen- oder schichtenweise Aufeinanderfolge von mehr und von weniger stark in der Zersetzung der Pflanzensubstanzen fortgeschrittener Lagen kenntlich hervor und steigert sich zuweilen selbst bis zu einer Aufblätterung. Manche ziemlich gleichartig aussehende Torfmassen zeichnen sich durch einen hohen Grad dieser Art Aufblätterung besonders aus. Es gehört wohl ein Theil des sogenannten Blättertorfs (nicht weil er überwiegend aus Pflanzenblättern besteht, sondern sich blätterig spaltet) hierher. Eine ausgezeichnete Probe dieser

Substanz vom Karwenbruch bei Rixhöft in Westpreussen [1]), welche von der See ausgeworfen wird, besteht aus ausserordentlich dünnen, sehr regelmässigen Lagen von gleichartig dichter dunkelbrauner Masse im Wechsel mit helleren, gelblich braunen Streifen, welche zahlreiche Quarzkörnchen beherbergen. In beiderlei Schichten bilden Blätter von Gräsern fast ausschliesslich das Torfmaterial, welches in den braunen Streifen mehr zersetzt, in den heller gefärbten dagegen wenig verändert sich zeigt. Aehnlich verhält sich eine als Martörv-Blättertorf bezeichnete Varietät von der kurischen Nehrung S. v. Nidden, deren Lager früher von einer hohen Düne bedeckt war. Auf dem Querbruche der ausserordentlich dünngeschichteten Masse zeichnen sich zahlreiche dünne Lamellen durch einen starken an Pech- und Glanzkohle erinnernden Glanz zwischen den matten Lagen besonders aus. Nach der Erweichung der Torfmasse durch ammoniakhaltiges Wasser erweist es sich, dass diese glänzende Substanz von den Rippen und festeren Theilen der die Hauptmasse ausmachenden grasähnlichen Blätter abstammt. Neben diesen Pflanzentheilen erkennt man einzelne Reste von Moosblättern, Bastfasern und der Faserkohle gleichstehenden Nadeln in Mitten einer aus gänzlich zerfallenen Pflanzengeweben bestehenden, filzähnlichen, kleinfaserigen Masse. In dieser eingebettet finden sich ausserdem in geradezu erstaunlicher Masse zerplatzte Pollenkörner (häufig zwei Pollensäcke mit Hüllhäutchen. Vergl. Taf. I Fig. 8). Struktur und Zusammensetzung dieser Torfmasse erinnert auf das Lebhafteste an die matten Streifen der Kohlenflötze.

Ein martörvartiges Gebilde vom Boden des kurischen Haffs (Schäfener Haken bei Schwarzort) ist gleichfalls sehr

1) Ich verdanke diese und mehrere der im Folgenden erwähnten Torfproben der besonderen Güte des Herrn Prof. Dr. Jentzsch in Königsberg.

dünngeschichtet und von dysodilartigem Gefüge. Die mattschimmernden einzelnen Lagen enthalten neben den Bestandtheilen, welche wir bei der vorausgehenden Varietät kennen gelernt haben, viele Thontheilchen und unregelmässig vertheilte Sandbutzen.

Von einer als Lebertorf bezeichneten Torfvarietät von Purpesseln bei Gumbinnen gibt Dr. R. Caspary[1]) an, dass derselbe in feuchtem Zustande leberbraun und dicht, in 5 Fuss dicken Lagen 10 Fuss unter der Oberfläche vorkomme. Derselbe blättere sich nach dem Austrocknen in dünnen nur papierdicken Lagen auf und bestehe aus feinen, licht graubraunen Körnchen ohne weiteren Bau, Hautstücken von Crustaceen und Pollen von *Pinus sylvestris*, dann selten aus Gewebsresten und vereinzelten *Sphagnum*-Blättchen.

Nach meinen Untersuchungen schliesst sich dieselbe aufs engste an die vorausgehenden Proben an. Die Hauptmasse lässt jene eigenthümliche Zusammensetzung aus stark zerfallenen Pflanzentheilchen, welche zu einer kleinfaserighäutigkörnigen und flockigen Substanz filzartig vermengt aufgehäuft sind, erkennen, wie wir dieselbe bereits als Substrat auch des sogenannten Martörv's gefunden haben. Ihre Abstammung von sich zersetzenden und im Zerfall begriffenen Pflanzengeweben ist nicht im geringsten zweifelhaft. In dieser Hauptmasse liegen nun — abgesehen von einzelnen Insektenresten, namentlich Tracheen — zahlreiche Blattreste mit deutlich erkennbarer Zellentextur nach Art der Gras- und Moosblätter, vereinzelte schwarze Holzzellen und Gefässe, viele runde schwarze Kügelchen (Sporen) und in Unzahl Pollenkörner. Nach ungefährer Berechnung enthält ein Kubikmillimeter des Torfs über 1000 solcher Pollenreste. Hier liegt der Vergleich mit dem Dysodil noch näher, als bei dem Torf vom kurischen Haff.

1) Caspary in den Schriften der phys.-ökon. Gesellschaft in Königsberg, Sitzungsber. 1870, S. 22.

Zwei Proben von Lebertorf, die eine von Kämmersdorf unfern Osterode, die andere von Doliewen bei Oletzko in Ostpreussen, stimmen darin überein, dass sie im Querbruche aus einer gleichmässig dichten Masse von mattem, der Bogheadkohle ganz gleichem Aussehen und tiefbrauner Farbe zusammengesetzt scheinen. Bei den ersten Abänderungen bilden Blattreste mit noch sehr wohlerhaltener Textur, Fruchtkörnchen und Stengeltheile schichtenartige Streifchen, welche bei der zweiten Art zum Theil durch lagerweis eingebettete Schalen von Süsswasserschnecken (*Valvata piscinalis*) ersetzt werden. Stellt man bei letzteren aus der anscheinend ganz dichten Masse dünne Blättchen im Querschnitte her, was auf einer angefeuchteten Stelle mit scharfem Messer sehr leicht gelingt, so erblickt man unter dem Mikroskop jene charakteristische streifigfaserige bis in die dünnsten Lagen fortgesetzte Schichtenstruktur mit eingeschlossenen rundlichen, hellgelben Butzen und linsenartigen rothbraunen Ausscheidungen genau in derselben Weise, in welcher wir die Cannel- und Bogheadkohle in Dünnschliffen unter dem Mikroskop ausgebildet sehen. An der Zusammensetzung betheiligen sich ausser der körnig-häutig-faserigen filzigen Hauptmasse zahlreiche Reste von Gras- und Moosblättern, Wurzelfasern, einzelne Holzfragmente und in grösster Menge wiederum Pollenkörner zu mehreren Tausenden auf den Kubikmillimeter. Dadurch steigert sich die Analogie mit der Cannelkohle in einem so hohen Grade, dass man für beide Kohlengebilde unbedenklich eine nahezu gleiche Bildungsweise anzunehmen berechtigt ist.

Eine bisher nicht entsprechend gewürdigte Erscheinung bei dem Torfe ist ferner das Vorkommen verkohlter Pflanzentheile in demselben.[1]) Man begegnet solchen

1) Vielleicht wird unter Humuskohle von einzelnen Forschern die gleiche oder eine ähnliche Substanz verstanden. Ich habe mich in der Literatur hierüber nicht mit Sicherheit belehren können.

tiefschwarzen kohligen Theilen, wiewohl nur in spärlichen Fäserchen und Fragmenten in zahlreichen Torfablagerungen. In ausgeprägter Entwicklung als schmale deutlich faserige Fragmente ganz in der Weise der anthracitischen Faserkohle älterer Mineralkohlen fand ich diese Substanz in Stücken aus den verschiedensten Torfmooren. Damit vorgenommene Versuche belehrten mich, dass diese Torffaserkohle sich analog wie die Faserkohle der älteren Mineralkohlen verhält, zwar viel rascher der oxydirenden Einwirkung der Bleichflüssigkeit unterliegt, aber doch dieser Zersetzung einen relativ grösseren Widerstand als die gewöhnliche Torfsubstanz entgegensetzt. Sie enthält langgestreckte Zellen mit gehöften Tüpfeln und bastzellenähnliches Gewebe. Es ist für mich nicht zweifelhaft, dass auch diese Torffaserkohle dem entspricht, was wir später in ausführlicher Weise als Faserkohle kennen lernen werden.

Der Torf besteht demnach in der Hauptsache — abgesehen von den eingeschwemmten sandigthonigen oder durch Quellenabsatz erzeugten kalkigen (Alm) Beimengungen — aus nur theilweise umgewandelten, aber der Umbildung noch fähigen Bestandtheilen in Form von zerfallenen Pflanzentheilchen, an welchen sich die organische Textur, wenn auch oft bis zu einem gewissen Grade verwischt, noch bestimmt erkennen lässt, dann aus deutlichen, mehr oder weniger gut erhaltenen Pflanzenresten und aus einer in und zwischen denselben abgelagerten humusartigen, amorphen Masse, welche aus einer vollständigen Zersetzung pflanzlicher Substanzen hervorgegangen, anfänglich in Wasser gelöst, wahrscheinlich in Folge weiter fortgeschrittener Oxydationsprozesse (Säurebildung) wieder ausgeschieden und durch Entziehen von Wasser — Austrocknen oder Frosteinwirkung — in einen durch Wasser nunmehr nahezu unlöslichen Zustand übergeführt worden ist. Die

eigentlich kohligen Beimengungen sind diesen Hauptbestandtheilen gegenüber nur von geringer Bedeutung. Damit ist im Allgemeinen sowohl in der Substanz, wie in der Textur der verschiedenen Torfarten die Analogie mit älteren Mineralkohlen auf das bestimmteste nachgewiesen.

Auf das, was sich aus diesen wenigen Bemerkungen in Bezug auf die eigentliche Bildung der Torfmoore folgern lässt, werden wir in der Erörterung der Entstehung der älteren Mineralkohlenablagerungen später zurückkommen.

II. Quartäre torf- und mineralkohleähnliche Substanzen.

Es wurde bereits die Uebereinstimmung gewisser kohliger Ablagerungen der Quartärzeit mit Torf im Vorausgehenden berührt. Von Torfbildungen der Jetztzeit der Beschaffenheit nach kaum zu unterscheidende quartäre Torfablagerungen finden sich an sehr zahlreichen Orten. Sie sind den ersteren oft so ähnlich, dass über ihr Alter mit Sicherheit nur der Einschluss diluvialer Thierüberreste, wie die des *Elephas primigenius, Rhinoceros tichorhinus, Cervus megaceros* u. A. entscheidet.

Weiter fortgeschritten in der Ausbildung und bereits der Braunkohle sehr ähnlich ist die sogenannte diluviale Schieferkohle, welche schon erwähnt wurde. Sie bietet in ihrem Uebergangsstadium von gewöhnlichem Torf in Braunkohle sehr interessante Verhältnisse dar. In ihrer theils lockeren, torfähnlichen, theils ins Dichte übergehenden, oft bereits pechkohleartigen Hauptmasse liegen nämlich sehr zahlreiche, vorherrschend platte Ast- und Stammstücke, besonders von Coniferen, Birken, Weiden, Erlen, welche theils die Beschaffenheit tertiärer Lignite besitzen, theils bereits in eine dichte pechkohlenartige Masse umgewandelt sind. Ich habe von zahlreichen Fundstellen der Schweiz und aus Südbayern Proben dieser Kohle untersucht und kann daraufhin

ihre torfähnliche Ausbildung für unzweifelhaft erklären. Die mehr lockeren Theile derselben kann man durch Behandeln mit verdünnter Kalilauge leicht in eine weiche, dicht verfilzte Masse verwandeln, aus welcher sich einzelne noch zusammenhängende Pflanzentheile frei machen lassen. In diesen erkennt man unter dem Mikroskop als weit vorherrschende Bestandtheile Blattstücke von Gräsern und Moosen. Unter letzteren fand ich auch ganz deutlich Reste von an den Querwänden kenntlichen Blatttheilen, welche zu *Sphagnum* gehören. Auffallend selten machen sich Gewebetheile von zerfallenem Holz bemerkbar. Dagegen sieht man schon mit unbewaffnetem Auge zahlreiche Coniferen-Nadeln und Zweigstücke beigemengt.

Bei den dichten, pechkohleartigen Massen erhält man durch Anwendung verdünnter Bleichflüssigkeit bessere Resultate als mittelst Kalilauge, welche fast das Ganze in eine nahezu undurchsichtige Masse verwandelt. Bei mässig langer Einwirkung der Bleichflüssigkeit kann man die einzelnen Pflanzentheile ziemlich leicht absondern und weiter untersuchen. Die dichteste Masse einer Schieferkohle von Mörschwyl in der Schweiz, welche ich als Typus der pechkohlenähnlichen Ausbildung auswähle, lässt nach der angeführten Behandlung unter dem Mikroskop dieselben Pflanzenreste in fast gleicher Deutlichkeit wie in der lockeren Varietät erkennen; dazu kommen aber noch zahlreiche durch das Zerdrücken der Masse entstandene, tiefbraune, schalige Splitterchen einer amorphen, texturlosen Substanz, die sich ähnlich wie Dopplerit verhält. In vielen Pflanzentheilen bemerkt man die gleiche tiefbraune Masse als Ausfüllung der Zellenräume, wie dies die Zeichnung Taf. I Fig. 9 darstellt. Es scheint mir nicht zweifelhaft, dass die dichtere Beschaffenheit dieser Theile der Kohle durch die reichlichere Anhäufung der amorphen Ausfüllungsmasse — der Kürze wegen vorläufig Carbohumin genannt — bedingt ist. Be-

merkenswerth ist übrigens auch das wiewohl spärliche Vorkommen von durch die dreieckige Form characterisirten Pollenkörnern, ferner von Moos- und Flechtensporen.

Die ungemein häufig in der Hauptkohlenmasse eingebetteten Coniferenzapfen sind nicht oder nur wenig deformirt und zeigen die Texturverhältnisse in ganz unveränderter Beschaffenheit. Sie liegen unmittelbar neben stark ausgeplatteten Holzstücken. Bei vielen der letzteren fand ich die innere holzige Zone aus einer gelblichen, weichen Substanz, wie vermodertes Holz bestehend, während die Rindenzone sich in eine glänzende Pechkohle verwandelt zeigt. Wir haben hier den ersten Anfang hohler Baumstämme. Dass diese Holzstücke nicht durch grossen Druck comprimirt wurden, sondern in erweichtem Zustande einfach in sich zusammengesunken oder durch die schwache Last auflagernden Gesteins sich in die Breite verflachten, wie die erwähnten Stämme im Torf, beweist das Vorkommen von nicht zusammengedrückten Zapfen in unmittelbarer Nähe, von Stengeln und selbst hohlen Wurzeln, welche in ihren natürlichen Dimensionen erhalten sind.

Aus der pechkohlenartigen Rinde entwickelt die Bleichflüssigkeit die unveränderten Formen des characteristischen Gewebes. Die Annahme, dass hier die Rindenpartie durch Druck sollte in Pechkohle verwandelt worden sein, während die centralen Zonen in lockerem Zustande verblieben wären, ist nach diesen Wahrnehmungen absolut ausgeschlossen, selbst wenn auch die Ausplattung der Holzstämme eine sehr beträchtliche gewesen wäre. Nach dem Ausmaass ergab sich jedoch im Mittel, dass die vorliegenden Asttheile — eigentliche Stämme standen mir nicht zur Verfügung — in der Dicke ungefähr nur auf die Hälfte reducirt sind, dagegen in der Breitenrichtung entsprechend sich ausgedehnt haben.

Bezüglich der Entstehung dieser Ablagerungen von Schieferkohle am Nordrande der Alpen kann ich dem von Heer (a. a. O. S. 516) geschilderten Verhalten bei Dürnten noch ein sehr lehrreiches Beispiel aus dem Imbergtobel bei Sonthofen beifügen. (Vergl. meine geogn. Beschr. d. bayer. Alpengebirgs S. 804 und Penck, die Vergletscherung in den Alpen S. 257). Es besteht hier nämlich das Braunkohlenflötz häufig aus zahlreichen Einzellagern, welche durch Zwischenschichten von sandigem Mergel getrennt sind. Diese Zwischenlagen sind erfüllt von Pflanzentrümmern, namentlich von Coniferennadeln und tragen ganz den Character von Ueberschwemmungsbildungen an sich, welche sich zu wiederholten Malen über den fortwuchernden Torf ausgebreitet haben. Wir erhalten auf diese Weise das lebhafteste Bild von Kohlenflötzen, welche durch zahlreiche Zwischenmittel getrennt sind, während die Kohlenmasse selbst deutliche Schichtung erkennen lässt.

Besonders ausgezeichnet dünn und wohlgeschichtet ist das diluviale Braunkohlenflötz von Grossweil unweit des Kochelsees, welches aus leicht zu trennenden Lagen von Braunkohle, Ast- und Holztheilen und von solchen aus Blättern von Gräsern und Moosen besteht. Durch Anwendung von verdünnter Kalilauge lassen sich die einzelnen zusammengefilzten Pflanzentheile ziemlich gut isoliren. Die Mooslagen fand ich weit überwiegend aus *Sphagnum*-Blättchen zusammengesetzt. In den andern Schichten beobachtete ich ungemein zahlreiche Pollenkörner (Taf. I Fig. 10) und kleine Rasen, welche aus zahlreichen kleinsten kolbenförmigen Fäden bestehen und einer Alge anzugehören scheinen (Taf. I Fig. 10). Es verdient hervorgehoben zu werden, dass wir es hier Angesichts der Anhäufung von *Sphagnum* unzweideutig mit einer entschiedenen Torfbildung zu thun haben, die gleichwohl aufs Deutlichste eine Schichtung in verhältnissmässig dünne Lagen erkennen lässt.

III. Tertiäre Braun- und Pechkohle.

Von der eben beschriebenen diluvialen Braunkohle ist nur ein kurzer Schritt zu gewissen tertiären Kohlenbildungen, welche den eigentlichen Typus der sogenannten Braunkohle darstellen. Diese besteht in der Hauptsache aus schiefrig abgesonderten Lagen einer mehr dichten und compakten, braunen, muschelig brechenden Masse und einer mehr erdig brüchigen, leichter zerreiblichen, gelblichbraunen, mattaussehenden Substanz. Hin und wieder heben sich vollständig pechartig derbe, schwarze Streifen oder Holzstücken entsprechende Einlagerungen zwischen den übrigen matten Streifen durch auffallenden Glanz oder besondere Farbe hervor. In andern Fällen herrschen holzige Bestandtheile, Holzstücke und Aeste mit noch wohlerhaltener Holztextur (Lignit) vor, wie wir dies zum Theil auch bei den diluvialen Bildungen kennen gelernt haben. Auf der anderen Seite gibt es tertiäre Kohle mit braunem Striche und einem Gesammtverhalten, welches sich jenem der oben genannten normalen Braunkohle eng anschliesst, deren Aussehen aber sonst völlig dem der ächten Steinkohlen gleich kommt. Auf diese Braunkohlen vom Aussehen der echten Steinkohlen sollte die Bezeichnung Pechkohle füglich beschränkt bleiben.

Während die ächte typische Braunkohle trotz ihres mannichfaltig wechselnden Verhaltens der ganzen Zusammensetzung und Ausbildungsweise nach sich der diluvialen anreiht und durch ganz allmähliche Uebergänge mit letzterer sich verbunden zeigt, so dass über ihre analoge Entstehung kaum ein Zweifel auftauchen kann, scheint die Pechkohle unter ganz besondern Verhältnissen entstanden zu sein.

Bezüglich der ersten Kategorie von Tertiärkohle dürfen wir uns bei den vor Augen liegenden Analogien mit

diluvialer, aus Torflagern entstandener Braunkohle auf wenige Bemerkungen beschränken.

Betrachtet man die typische Braunkohle auf den Parallelflächen, welche deutlich Schichtungsabsonderungen entsprechen, so lassen sich darauf fast immer langgestreckte, parallelstreifige Pflanzentheile unterscheiden, welche wohl unbedenklich für Blattreste von *Gramineen* angesehen werden dürfen. Es gelingt zuweilen, dieselben abzuheben und unter dem Mikroskop als zu den Gräsern gehörig näher zu bestimmen. Andere, durch Farbe und Umrisse weniger deutlich abgegrenzte Fragmente — mit Ausnahme der zahlreichen Früchte — leisten einer näheren Deutung grösseren Widerstand. Am häufigsten noch bestimmter erkennbar treten Coniferennadeln hervor. Versucht man unter Wasser die einzelnen Pflanzentheile auseinander zu zerren, so gelingt dies in der Regel nicht gut und bei Anwendung von verdünnter Kalilauge erhält man meist ein so stark ineinander verfilztes Haufwerk von tief dunkelgefärbten Pflanzenfragmenten, dass man ausser den Gräsern nur sehr zerfetzte Bruchstücke zur weiteren Untersuchung unter dem Mikroskop erlangt. Doch sind sie immerhin zureichend, um in ihnen das Blattnetz von Moosen zu erkennen. Soweit meine Untersuchungen reichen, lassen sich unter denselben *Sphagnum*-Blattreste nicht nachweisen. Auffallend ist hier wie bei der diluvialen Braunkohle die Seltenheit von zerfallenen Holzgewebetheilchen, während doch Zweige, Aeste und Stämme von Holz in grosser Anzahl in der Braunkohlenmasse eingebettet liegen. Es scheint, dass sich Holztheile in durch den Vermoderungsprocess zerstückeltem Zustande an der Zusammensetzung verhältnissmässig seltener betheiligten, dass dagegen Aeste und Zweige in nicht vermodertem und zerfallenem Zustande von Aussen durch Anschwemmung reichlich beigeführt worden sind.

Unterwirft man die gewöhnliche Braunkohle der Einwirkung der Bleichflüssigkeit in verdünntem Zustande, so erhält man eine hellgelbliche Masse, welche sich zu weiteren Untersuchungen unter dem Mikroskop vortrefflich geeignet erweist. Man erkennt in diesem aus zerfallenen kleinsten Gewebetheilen bestehenden filzartigen Rückstande ein wahres Haufwerk zerstückelter von Gräsern und Moosen abstammender Blätter, welche die parallelstreifige und maschenartige Textur in voller Klarheit zu beobachten gestatten. In sehr grosser Anzahl finden sich ausserdem Pollenkörper, theils in geschlossenen Körnchen, theils in zerplatztem Zustande mit noch anhängender häutiger Hülle (Exine) und sehr viele solcher isolirter Hüllhäutchen in zerrissenen Fetzen zertheilt (Taf. I Fig. 14). In sehr vielen Braunkohlen kommen ferner *Diatomeen*, sowie Insektenreste, nadeln- und ankerähnliche Stäbchen von *Spongillen* vor. Die torfähnliche Zusammensetzung liegt hier klar vor.

Um die Wirkung des hohen Drucks kennen zu lernen, habe ich auf Lignit eines nicht deformirten Coniferenstammes sowohl senkrecht wie parallel zur Faserrichtung einen Druck von 6000 und 20000 Atm. in vollständig geschlossenem Raume einwirken lassen. Die Untersuchung des Lignites im ursprünglichen Zustande vor Anwendung des Druckes lehrte, dass die Zellen- und Gefässtextur des Holzes noch vollkommen erhalten war; im Horizontalschnitte erwies sich der Raum in den Zellen und Gefässen satt erfüllt mit einer gelblichen und braunen amorphen Masse von der Art der früher als Carbohumin bezeichneten Substanz, die sich in Kalilauge löst, mit Chlorjodzink jedoch nur etwas dunkler färbt. In der Mitte jeder Zelle bemerkt man einen etwas dunklen, länglichen Streifen, nach welchen sich die Zelle, wenn man sie durch Druck quetscht, theilt. Bei Anwendung von 6000 Atm. Druck senkrecht zur Faserung erlitt der Lignit eine Comprimirung von 100 mm auf 84 mm und pa-

rallel der Faserung von 100 mm auf 73 mm. Die Holzmasse selbst nahm eine etwas dunklere Färbung, ein der Glanzkohle sich näherndes Aussehen und grössere Festigkeit an, ohne dass sich bei Dünnschnitten unter dem Mikroskop eine beträchtliche Reduktion der Zellendimensionen bemerken liess, nur zeigten sich die Holzfasern bei dem Druck parallel zu ihrer Richtung zusammengestaucht, zickzackförmig geknickt, wohl auch abgerissen und verschoben. Unter einem Druck von 20000 Atm. erlitt der eingeschlossene Lignit eine Verkürzung bei einer Druckrichtung senkrecht zur Faserung von 100 mm auf 82 mm; bei einem Druck parallel zur Faserung von 100 mm auf 67 mm. Im Verhältniss zu der um mehr als das Dreifache gesteigerten Krafteinwirkung erlitt der Lignit hierbei gegen die erste Druckprobe eine vergleichsweise geringe weitere Verkürzung. Dementsprechend war auch die substanzielle Aenderung eine kaum bemerkbar gesteigerte, so dass unter dem Mikroskop die Dimensionsminderung der Holzzellen sich kaum weiter bemerklich machte, wie die Vergleichung der Zeichnungen nicht gedrückter (Taf. I Fig. 12) und gedrückter (Taf. I Fig. 13) Gewebe leicht beurtheilen lässt. Es rührt dies, gegenüber den Resultaten bei Moostorf offenbar von dem Umstande her, dass die Zellen in ihrem Innern von humusartiger Masse vor Anwendung des Drucks bereits vollständig ausgefüllt waren, während bei dem Moostorfe zahlreiche Hohlräume sich vorfanden.

Für die Beurtheilung der Wirkung hohen Drucks bei der Entstehung der kohligen Ablagerungen sind diese Versuche von einiger Bedeutung, da ein Druck von 20000 Atm. sich schon einigermassen mit einem namhaften Gebirgsdruck in Parallele stellen lässt. Sie lehren, dass in vollständig und allseitig geschlossenen Lagen, wie wir uns meist die Kohlenmasse in den Gebirgsschichten eingebettet denken müssen, die kohlenbildenden Pflanzentheile einem beträchtlich hohen Druck ausgesetzt sein konnten, ohne in ihren Texturver-

hältnissen eine beträchtliche Störung oder Veränderung zu erleiden, sobald angenommen werden darf, dass in denselben keine Hohlräume vorhanden waren. Wir werden aber später nachzuweisen versuchen, dass ein hoher Druck bei der Bildung von Mineralkohlen weder wirklich wirksam thätig war, noch dass derselbe nothwendig und als wesentliche Bedingung der Entstehung dichter Mineralkohle angesehen werden darf.

Bei den gewöhnlichen schiefrigen Braunkohlen bemerkt man besonders deutlich auf dem Querbruche einzelne Streifen oder zusammenhängende Lagen von sehr dichter schwarzer, pechartig glänzender Kohle, welche mit matten Zwischenmassen wechseln. Bei näherer Untersuchung ergibt sich, dass solche pechartig dichte Partien meist von Holzstücken herrühren oder überhaupt von festeren Pflanzentheilen abstammen. In den meisten Fällen gelingt es einfach durch Absprengen dünne Splitterchen zu gewinnen, in welchen die Pflanzentextur nahezu unverändert sich erhalten erweist. In vollständigerer Weise zeigen dies leicht herzustellende Dünnschliffe. Hierbei ist es selten nöthig, sich zur Klärung der Bleichflüssigkeit zu bedienen; doch erhält man durch letztere weiche Bruchstücke, bei welchen sich die einzelnen Gewebeelemente durch sanftes Drücken isoliren lassen (Vergl. Taf. I Fig. 15). Man kann von solchen aus wechselnd matten und pechähnlich glänzenden Lagen bestehenden Varietäten der Braunkohle leicht eine fortlaufende Reihe verfolgen, welche endlich zu geschlossenen pechkohlenartigen, jedoch immer noch deutlich zur eigentlichen Braunkohle gehörigen Abänderungen hinführt, wie sie in fast allen grösseren Braunkohlenablagerungen flötzweise gesondert oder in gewissen Abtheilungen oder Zwischenlagen der einzelnen Flötze vorzukommen pflegen, z. B. am Meissner, auf dem Habichtswalde, auf der Rhön, in Böhmen und a. a. O. Sie scheinen ihren Ursprung dem Vorwalten holziger Theile zu verdanken. Dies wird auch durch die Versuche mittelst der Anwendung

der Bleichflüssigkeit die Textur dieser anscheinend dichten Substanz aufzuklären, vollständig bestätigt. Mag in manchen Fällen die grössere Anhäufung von Holz durch Beischwemmung bewirkt worden sein, am häufigsten dürfte es zutreffend erscheinen, dieselbe von der Ueberhandnahme einer waldigen Vegetation über einem Torfmoor oder Sumpfe abzuleiten. Ein belehrendes Beispiel dieser Art war in einem Flügel des Braunkohlenflötzes von Wackersdorf bei Schwandorf geboten, wo durch eingedrungene Kieselsubstanz das Braunkohlenlager gleichsam in statu nascenti versteinert wurde. Ein Haufwerk von Zweigen des *Glyptostrobus europaeus*, mit grösseren Asttheilen vermengt, liegt hier wie Waldstreu über dünnen Lagen, welche nachweisbar aus Blättern von Moosen und Gräsern torfartig zusammengesetzt sind.

Diese Beispiele lehren unzweideutig, dass bereits bei den Braunkohlenbildungen von entschieden torfmoorartiger Entstehung eine schichtenweise Wechsellagerung von matter und glänzender Kohlensubstanz sich bemerkbar macht, wie wir dieselbe später bei den älteren Mineralkohlen wiederkehren sehen.

Eine weitere merkwürdige Erscheinung verstärkt diese Analogie in hohem Grade. Bei den oft stark pechartig dichten Braunkohlen des Traunthals in Oberösterreich zeigen sich in besonderer Häufigkeit Fetzen von rabenschwarzer Faserkohle genau in der Weise der Hauptmasse beigemengt, wie dies bei der anthracischen Faserkohle der ächten Steinkohle der Fall ist. Selbst die wellige Streifung, die lockere Beschaffenheit und die unregelmässige Umgrenzung theilt sie mit der ächten Faserkohle. Auch chemisch verhält sie sich ähnlich, färbt Kalilauge nur ganz schwach bräunlich und wird durch Bleichflüssigkeit schwierig, jedoch leichter, als die ältere Faserkohle, aber immer nur theilweise gebleicht, wobei unter dem Mikroskop Holzzellen mit gehöften Tüpfeln sehr deutlich zu sehen sind. Auch bei der Braunkohle von

Falkenau (nicht Gaskohle) fand ich dieselbe tertiäre anthracitische Faserkohle. (Taf. I Fig. 16). Sie wird sich wohl bei näherer Untersuchung bei den meisten Braunkohlen nachweisen lassen. Ich erinnere an das bereits erwähnte Auftreten von faseriger Kohle im Torfe, um auf die Continuität der durch die verschiedensten Mineralkohlenbildungen immer wiederkehrenden Erscheinung der beigemengten Faserkohle aufmerksam zu machen.

Im Gegensatze zu diesen pechähnlich gestreiften Kohlen der Braunkohlenformation stossen wir vielfach auch auf Varietäten von anscheinend gleichmässiger, oft erdiger, ins Dichte verlaufender Beschaffenheit. Wir haben in diesen besonderen Modifikationen die Braunkohlenausbildung, welche dem sogenannten Schlamm-, Bagger- und Moortorfe entspricht, vor uns. Es fehlen darin selbst auch die *Diatomeen*-reichen Lagen nicht, wie ich sie in der Braunkohle bei Mitterteich und in mächtigen Lagen in jener von Sauforst (Geogn. Besch. d. ostb. Grenzgeb. S. 789) nachgewiesen habe. Solche Braunkohlen bestehen aus fast gänzlich in kleinste Zellen- und Gewebetheile oder -Trümmer zerfallenen Pflanzenresten, zugleich vermengt mit Epidermishäutchen, Pollenkörner (besonders isolirte Hüllhäutchen derselben) und Sporen, verunreinigt und vermengt mit thonigem Schlamm, der sich in der Asche reichlich vorfindet. Zusammenhängendes Pflanzengewebe ist verhältnissmässig seltener, darunter kehren einzelne deutlich zu unterscheidende Nadeln von Faserkohle immer wieder.

Hier reiht sich auch die angezündet cannelkohleartig fortbrennende sogenannte Gaskohle von Falkenau an, die ich einer näheren Untersuchung unterzog. Sie besteht in der Hauptmasse aus sehr zerstückelten und zerfallenen Pflanzentheilen in Form gekörnelter Flocken und kurzer Stäbchen. Mit der Bleichflüssigkeit behandelt fallen die schwarzen Nadeln der auch hier eingemengten Faserkohle sofort ins Auge. Daneben zeigen sich in feingekörnelte

Flocken eingehüllt zahlreiche kugelige oder halbkugelige Pollenhäutchen, welche sich aus der Umhüllung schwierig frei machen lassen. (Taf. I Fig. 17.) Auch kommen zahlreiche, kleinste Klümpchen, wie sie bei der Diluvialbraunkohle (Taf. II Fig. 11a) erwähnt worden sind, vor. Deutlich erkennbar sind tief braun gefärbte, meist zweitheilige Sporen von Flechten oder Algen. (Vergl. Taf. I Fig. 18.) Die weisse, stellenweis röthliche, voluminöse Asche, 7,75% betragend, enthält in den rothgefärbten Theilen Bruchstücke mit noch erkennbarer Pflanzentextur, sonst Thonflocken und einzelne Quarzkörnchen.

Im Ganzen erweist sich diese Tertiärkohle als Analogon der älteren, später zu beschreibenden Gaskohle und des bereits geschilderten Lebertorfes.

Pyropissit.

Aeusserlich sehr unähnlich, weil von pulverigstaubartiger, lockerer Zusammensetzung, aber im Gesammtverhalten der Falkenauer Gaskohle vergleichbar verhält sich der Pyropissit von Weissenfels. Die bräunlichgelbe, krümelige, mit Wasser schwer zu befeuchtende Substanz bietet unter dem Mikroskop nur körnige, unregelmässig begrenzte Bröckchen, rundliche undurchsichtige Knöllchen und vereinzelte braune Blattfetzen mit noch gut erhaltener Textur, wie sie bei Moosen sich findet, dar. In Stücken, welchen durch kochenden Alkohol und Aether die harzartigen Gemengtheile entzogen sind, lassen sich, nachdem sie mit der Bleichflüssigkeit behandelt worden sind, im Rückstande kaum weitere Spuren einer organischen Textur, einzelne Faserkohlen ähnliche Fetzen ausgenommen, unterscheiden. Nur schleuderähnliche, oft spiralig gewundene dünne Fäden (vergl. Taf. I Fig. 19) habe ich häufig beobachtet. Rundlich umgrenzte Flecken deuten auf eine Betheiligung von Sporen und Pollen hin. Bei sehr langsam gesteigerter Hitze verkohlt und in Asche verwandelt hinter-

lässt der Pyropissit einen im Volum gleich grossen, graulich weissen Rückstand zu 14,2%, der sich unter Aufbrausen theilweise löst. Die übrigbleibenden Theile bestehen aus sehr zahlreichen scharfeckigen Quarzkörnern, kleinsten Quarzkryställchen, Thonschollen und einzelnen opaken schwarzen Kügelchen. Diatomeen wurden nicht beobachtet.

Der Pyropissit aus der Braunkohle von Sauforst verhält sich im Allgemeinen sehr ähnlich; doch sind entschieden zahlreichere Reste von Moos- und Grasblättern an der Zusammensetzung betheiligt. Auch findet man ganze Stücke von Holz, welches merkwürdiger Weise in derselben Weise, wie die Hauptmasse, in eine gelbe zerreibliche Substanz mit sehr wohl erkennbarer Textur verwandelt ist. Noch deutlicher treten die Blatttheile neben sehr zahlreichen Pollenkörnern nach dem Behandeln mit Aether, der sich tiefbraun färbt, hervor. Wendet man Bleichflüssigkeit an, so machen sich zahlreiche braune Kügelchen, dann durchlöcherte kugelige Bläschen und durchlöcherte Blättchen von harzähnlichen Stoffen in grosser Häufigkeit bemerkbar. Letztere sind nach dieser Beobachtung wohl erst durch die Einwirkung der Chemikalien gebildet worden. Von diesen kugeligen, zum Theil schaligen Körperchen muss man aber die halbkugeligen Häutchen wohl unterscheiden, welche sicher den Hüllen zerplatzter Pollenkörnchen angehören.

Eine eigene Art von Braunkohle macht der sogenannte

Dysodil

aus. Diese aus äusserst dünnen Lagen zusammgesetzte Braunkohle wird bekanntlich vielfach benützt, um daraus Paraffin herzustellen. Die Untersuchung der Proben von Rott unfern Bonn und von Sieblos in der Rhön ergaben übereinstimmend, dass die Spaltbarkeit in papierdünne Blättchen von einer thonigen, mit feinen Quarztheilchen untermengten Substanz herrührt, in welcher die Paraffin liefernde Masse ein-

gehüllt ist. Nach dem Behandeln mit der Bleichflüssigkeit geben sich nur sehr spärlich einzelne zellige Pflanzentheile, algenähnliche Häufchen und rundliche Pollenhäutchen (Taf. I Fig. 20) zu erkennen, während zahlreiche bräunliche, unregelmässig umgrenzte Häutchen ohne deutliche Textur sind. Sie scheinen thierischen Abfällen zu entsprechen. Auch nach der Anwendung von Flusssäure werden diese Theilchen nicht deutlicher. Im Ganzen macht der Dysodil den Eindruck einer Ablagerung in einem Süsswasserbecken, in welchen zahlreiche Thiere lebten, deren Abfälle mit Thon und zerfallenen Pflanzengeweben neben Pollenkörnern vermengt sich in dünnsten Lagen am Grunde niedergeschlagen haben — nach Art gewisser Blättertorfablagerungen.

Tertiäre Pechkohle.

An der Grenze zwischen pechähnlich glänzender Braunkohle und der eigentlichen schwarzkohlenähnlichen Pechkohle steht eine Anzahl tertiärer Mineralkohlen, von denen ich die Kohle von Prevali in Kärnthen und von gewissen Ablagerungen im Traunthalgebiete näher untersucht habe. Die schwärzliche, aus dünnen matten und stark glänzenden Lagen zusammengesetzte Kohle von Prevali wird durch die Bleichflüssigkeit unter Bildung einer tiefbraunen Flüssigkeit leicht oxydirt. Man erhält auf diesem Wege sehr zahlreiche Trümmer mit sehr deutlicher Pflanzentextur, Zellen von Parenchymform und Epidermishäutchen, dann deutlich dreieckige Pollenkörner und halbkugelige scheibenförmige Häutchen in grosser Anzahl innerhalb der matten Streifchen, während holzgewebeähnliche langgestreckte Fasern sich auf die stark glänzenden Zwischenlagen beschränken. Sehr zahlreiche, hohle, von vielen ungleich grossen Löchern durchbrochene Kügelchen dürften, wie bei dem Pyropissit, als Reste zersetzter harzartiger Theile zu deuten sein in gleicher Weise wie dünne Blättchen, welche nach Art

nackter Plasmamassen von vielen ungleich grossen Poren durchlöchert sind. (Taf. I Fig. 21.)

Die stark pechartig glänzende Kohle (nicht Lignit) aus dem Traunthale zeichnet sich dadurch aus, dass sie, wie der Aufschluss durch die Bleichflüssigkeit lehrt, fast ganz aus Fasergeweben zu bestehen scheint, bei welchen sich jedoch eine weitere Textur nicht gut erkennen lässt. Verkohlt man jedoch solche Stücke, so bleibt in der röthlichen Asche, welche denselben Raum beibehält, wie es das Kohlenstück besass, die Holztextur so ununterbrochen und vollkommen erhalten, dass man in der ausschliesslich aus Holzzellen oder -Gefässen bestehenden faserigen Masse sogar noch deutlich Tüpfel und Markstrahlen unterscheiden kann.

Unter den ächten tertiären Pechkohlen stand mir als eine der ältesten die obereocäne oder unteroligocäne Kohle von Häring im Innthale zunächst zur Verfügung. Mit diesem Vorkommen ist ein um so grösseres geologisches Interesse verknüpft, als diese Kohlenablagerung, hier in unzweifelhaft marinen Mergelschichten eingebettet, von kalkigen Schichten begleitet wird, welche neben brackischen und Land-Conchylien durch den Reichthum wohlerhaltener, zahlreicher, durch Herrn v. Ettingshausen genau beschriebener Pflanzenreste ausgezeichnet ist. Man wird nicht weit fehl greifen, wenn man sich diese Kohle in einer engen, zum Theil halb ausgesüssten Meeresbucht entstanden denkt und annimmt, dass eine ungemein üppige, den Cedernsümpfen analoge Vegetation auf den flachen Uferrändern wucherte und die abgestorbenen und halbvermoderten Abfälle durch Abschwemmungen der Bucht als Material zur Kohlenbildung überlieferte. Dieser Annahme entspricht auch die Beschaffenheit der Kohle, welche aus ziemlich gleichmässig glänzenden Einzellagen zusammengesetzt ist. Mit Kalilauge gekocht liefert diese Kohle in den stärker glänzenden Streifen eine nur schwach bräunlich gefärbte Flüssigkeit, mit der Bleich-

flüssigkeit behandelt dagegen wird sie hellgelb und zeigt unter dem Mikroskop eine Zusammensetzung fast ausschliesslich aus Blattresten, Epidermis — und aus Pflanzentheilen mit parenchymatischer Textur. Die matteren Zwischenlagen zeichnen sich durch das Verworrene ihres Gefüges und dadurch aus, dass in denselben nicht gerade häufig feinstreifige Faserkohle mit sehr deutlich getüpfeltem Holzgewebe vorkommt und thonige Beimengungen reichlich vertreten sind.

Zu Controlversuchen durch Herstellung von Asche eignet sich hier ganz besonders die durch Grubenbrand auf einen Theil des Flötzes erzeugten Cokes. Sie liefern einen noch grossentheils zusammenhängenden Aschenrückstand, der bei näherer Untersuchung auch nicht den geringsten Zweifel übrig lässt, dass die Kohle in ihrer ganzen Masse aus mit erhaltener Textur versehenen Pflanzentheilen zusammengesetzt ist, unter welchen Blattreste und sehr zerstückelte Holztheile besonders hervortreten.

Die Cosina-Kohle der liburnischen Stufe Dalmatiens, welche zu den ältesten tertiären Ablagerungen gerechnet wird, hat äusserlich grosse Aehnlichkeit mit der Häringer Kohle. Die mir vorliegenden Proben besitzen einen matten Glanz, eine rabenschwarze Farbe und einen kaum ins Bräunliche verlaufenden tiefschwarzen Strich. In den durch Bleichflüssigkeit aufgeschlossenen Theilen bemerkt man unter dem Mikroskop vorwaltend holzartige Reste mit nur undeutlicher Textur, Epidermalgebilde und besonders häufig flockige Häufchen von Thon mit reichlich eingebetteten rundlichen Scheibchen (wahrscheinlich Pollenexinen darstellend) und schlangenartig gewundenen, gestreiften Röhrchen (Taf. I Fig. 22).

Auch die Pechkohle von Djiddeh im Gebiete des kaspischen Meeres, welche Dr. Muck[1]) (Steink. Chemie S. 129)

1) Ich habe durch die Güte des Herrn Dr. Muck Originalproben dieser, sowie vieler der von ihm erwähnten besonderen Kohlen-

erwähnt, lässt nach der Behandlung mit Bleichflüssigkeit auf das Deutlichste ihre Zusammensetzung aus Holzsubstanz mit erhaltener Textur erkennen. (Taf. 1 Fig. 23.) Sie eignet sich in vorzüglicher Weise zu dem Versuche, diese Textur auch in der Asche wieder nachzuweisen, weil letztere bei dem Verbrennen in zusammenhängenden Massen zurückbleibt, die leicht mit verdünntem Kanadabalsam durchtränkt und dann sogar zu Dünnschliffen verwendet werden können. Diese Aufschlüsse lassen an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig.

Zu den bedeutendsten Pechkohlenablagerungen zählt die längs des nördlichen Alpenrandes verbreitete oberoligocäne Pechkohlenbildung in Südbayern. (Vergl. meine Schilderung: Geogn. Beschr. d. bayer. Alpengebirgs S. 756 und Abriss d. geogn. Verh. d. Tertiärsch. bei Miesbach.) Es liegen hier zwischen ungemein mächtigen Mergelschichten, erfüllt von brackischen Conchylien (*Cyrenen, Cerithien etc.*), Blattreste führenden Sandsteinbänken und groben festen Conglomeraten zahlreiche, bis 1 Meter mächtige, tiefschwarze Kohlenflötze, welche ihrem äusseren Aussehen nach von typischer älterer Steinkohle kaum zu unterscheiden sind. Mit den Kohlenbänken wechsellagernd stellen sich sehr häufig gelblich weisse, bituminöse Kalkschichten, sog. Stinkkalk mit Einschlüssen von Land- und Süsswasserconchylien ein. In der Kohle selbst wiederholen sich in schichtenartiger Verbreitung die gleichen Einschlüsse von Helixschalen, welche in der Regel zerbrochen und zusammengedrückt erscheinen. Die Kohlenmasse selbst besteht aus zahlreichen Einzellagen von wechselnd matterem und stärkerem Glanze. Auch Faserkohle ganz in der Art und Weise, wie bei der ächten Steinkohle, überdeckt nicht selten die zahlreichen zerfetzten

---

arten erhalten und fühle mich für diese Gefälligkeit zu bestem Danke verpflichtet.

Trümmerchen einzelner Zwischenstreifen. Zwischen Kohle und Stinkkalk findet zuweilen ein ganz allmähliger Uebergang statt. In den starkglänzenden Flötzlagen zeigt sich eine ähnliche würfelige Zerklüftung, wie in jenen der ächten Steinkohle, sie greift aber nicht durch die matten Zwischenlagen hindurch; Kalkspathblättchen mit fischschuppenartigen Zeichnungen oder Schwefelkieshäutchen füllen meist die Zerklüftungsspalten aus, welche zuweilen dieselben augigen Zeichnungen in gleicher Vollkommenheit wie in der Steinkohle (Augenkohle) wahrnehmen lassen. Diese Augen können nur als Folgen der bei der Zerklüftung der spröden Kohlenmassen einer Trennung Widerstand leistenden Zähigkeit der Substanz zugeschrieben werden. Man kann ganz ähnliche Absonderungen bei zähem Thon beobachten, wenn man denselben auseinanderreisst.

Die in den die Kohlenflötze unmittelbar begleitenden, mergeligen und sandigen Schichten vorkommenden, gut erhaltenen Pflanzenreste (meist Blätter), gehören überwiegend dikotyledonischen Laubbäumen an, gegen welche die Coniferen und sonstige Gewächse weit in den Hintergrund treten. (Vergl. Heer, Urwelt der Schweiz, S. 312). Es ist hervorzuheben, dass eigentliche äusserlich erkennbare Baumstämme nur als Seltenheiten in den Kohlenflötzen bis jetzt beobachtet worden sind.

Untersucht man nun die verschiedenen, die Flötze zusammensetzenden Varietäten, die Matt-, Glanz- und Faserkohle unter Anwendung der Bleichflüssigkeit näher, so ergibt sich aus zahlreichen an Kohlen verschiedener Flötze und Fundstellen vorgenommenen Versuchen, dass die Mattkohle aus Trümmerchen von, wie es scheint, stark zerfallenen Pflanzentheilen untermengt mit Blattresten und zahlreichen Epidermalgebilden (Taf. I Fig. 24) besteht, während die Glanzkohlen-Lagen in ihrer amorphen, ursprünglich texturlos scheinenden braunen Masse fast nur

Holztheile erkennen lassen (Taf. I Fig. 25). Die Holztextur ist hierin trotz der grossen Dichte der Kohlensubstanz doch sehr bestimmt nachweisbar, obwohl bei den einzelnen Zellen und Gefässen nicht gerade häufig die feineren Verhältnisse zu sehen sind. Doch zeigen sich immer Spuren von Tüpfelung, Streifung und Markstrahlen. (Vergl. Taf. I Fig. 26). Dies tritt in erhöhtem Maasse bei der Faserkohle ein, welche viel leichter, als jene der Steinkohle der Zersetzung durch die Bleichflüssigkeit unterliegt. Namentlich sind es einzelne Partien oder Zellen, welche auffallend rasch angegriffen werden und in Kalilauge sofort sich auflösen, während andere Fasern selbst bei langdauernder Einwirkung und bei Anwendung von Kochhitze unverändert sich erhalten. Gehöfte Tüpfel sind häufig, Querleistchen, welche Treppengefässen angehören, verhältnissmässig selten, dagegen den Markstrahlen entsprechende Querstreifchen in der Regel zu sehen. (Taf. I Fig. 27).

Die Pechkohle scheint nach diesen Untersuchungsresultaten durch und durch aus mit Textur versehenen Pflanzen-, hauptsächlich Holztheilen znsammengesetzt zu sein und eine texturlose, dem Dopplerit analoge Substanz nur beigeordnet als Ausfüllungsmasse in und zwischen den Pflanzentheilen zu enthalten.

Es liesse sich einwenden, dass bei dem eingeschlagenen Wege der Untersuchungen immer nur einzelne zerrissene Fetzen von Pflanzentheilen zum Vorschein kommen, die der direkten Beobachtung zugänglich sind und dass angenommen werden könnte, die Hauptmasse der Kohle bestehe trotzdem aus einer weit vorwaltend amorphen und texturlosen Substanz, in welcher die beobachteten, mit Textur erhaltenen Pflanzenreste nur als nebensächliche Einschlüsse zu betrachten seien. Es soll nicht bestritten werden, dass so wie bei dem Torf Ausscheidungen homogener Kohlensubstanz (Dopplerit) vorkommen, auch bei den Mineralkohlenbildungen ähnliche,

texturlose Massen auftreten können. Ich werde später selbst auf den Nachweis solcher Substanzen zurückkommen. In der Hauptsache aber glaube ich denselben nur eine, wenn auch wesentliche, Theilnahme als Zwischen- und Ausfüllungsmasse zuerkennen zu können. Um dem oben berührten Einwand zu begegnen, dient in der überzeugendsten Weise, wie ich dies bereits an der Pechkohle von Djiddeh gezeigt habe, die theilweise Verbrennung der Kohle und sorgfältige Untersuchung der noch in ihrem Zusammenhange erhaltenen Asche. Dieses Mittel bei der südbayerischen Pechkohle in Anwendung gebracht, dient in ausgezeichneter Weise zur Bestätigung meiner oben ausgesprochenen Annahme.

Es genügt, einige wenige Beispiele näher anzuführen, wobei zunächst in Bezug auf die Art der Aschenuntersuchung unter dem Mikroskop die Bemerkung vorausgeschickt sei, dass hierbei statt Wasser Nelkenöl oder wasserfreies Glycerin mit Vortheil Verwendung findet. Die schon erwähnte Augenkohle von Penzberg gehört zu den anscheinend gleichmässigsten und am stärksten glänzenden Sorten der südbayerischen Pechkohle. (Taf. I Fig. 28.) Stücke derselben, sorgfältig in Asche verwandelt, liefern einen noch zusammenhängenden, weisslichen bis röthlichen Rückstand, welcher, wie die Untersuchung unter dem Mikroskop lehrt, so ausschliesslich aus Rinden- und Holzgewebe besteht, dass die Annahme einer nur nebensächlichen Betheiligung der mit Textur versehenen Pflanzentheile geradezu ausgeschlossen erscheint.

Ganz die gleichen Resultate lassen sich bei den meisten stark glänzenden Zwischenlagen der Pechkohle verschiedener Lokalitäten erzielen, so dass mit grosser Wahrscheinlichkeit das Vorkommen stark glänzender Pechkohlen an das Vorherrschen von Holzparenchym oder parenchymatischem Grundgewebe und von Holzsubstanz überhaupt gebunden ist. Dies wird auch durch die Beobachtung an einem der in tertiären

Schichten nur selten vorkommenden Holzstämme bestätigt, welcher im Innern hohl und von Sandstein ausgefüllt, nach Aussen mit einer aus glänzender, würfelig brechender Kohle bestehenden Rinde umgeben ist und in der Grenzregion zwischen Rinde und Holzkörper stellenweise anthracitische Faserkohle enthält. Auch diese Rinde verkohlt zu vollständig zusammenhaltender Asche, welche vorherrschend aus Parenchym mit angrenzenden Bastzellen besteht, während man in der Faserkohle noch Spuren von Markstrahlen vorfindet. (Vergl. Taf. I Fig. 29.)

Aus der Untersuchung der Asche der matten Lagen der Pechkohlenflötze ergibt sich nach der relativ geringeren Beimengung von Holzparenchym und dem Hervortreten dünner, flacher Blättchen, an welchen jedoch nur höchst selten Spuren zelliger Textur wahrgenommen werden können, eine entschieden andere Zusammensetzung als jene der Glanzpechkohle. Es zeigt sich auch hier, dass in der Mattpechkohle Blätter in besonders grosser Menge angehäuft sind.

Es dürfte nicht ohne Interesse sein, die weiteren Resultate hier mitzutheilen, welche ich bei der Untersuchung der in den begleitenden Schichten vorkommenden Blattreste (*Laurus*, *Ficus*, *Quercus*, *Lastraea*) erzielte. Versucht man nämlich die verkohlten Blätter durch sehr verdünnte Säuren aus dem mergeligen Gestein zu isoliren, so erhält man höchst selten zusammenhängende Blatttheile, vielmehr nur ganz kleine spiessartige Trümmer, welche aus einer stark glänzenden Kohle bestehen, und in dieser Zerstückelung zu weiterer Behandlung sich nicht eignen.

Dagegen konnten diese verkohlten Blätter sehr gut zur Bestimmung der Dicke der Kohlensubstanz benützt werden. Die Dicke der Kohlenrinde der Wedel von *Lastraea styriaca* beträgt 0,025 mm; die des Blattes von *Ficus Martii* 0,056, von *Quercus furcinervis* 0,020, während die Dicke getrockneter *Pecopteris*-Wedel zu 0,070, Lorbeerblätter zu 0,15,

von Eichen zu 0,10 mm gemessen wurde. Daraus ergibt sich von selbst, dass von einer Verringerung der Dimensionen der Pflanzen bei Umbildung zu Kohle auf $^1/_{25}$—$^1/_{30}$ der ursprünglichen Ausdehnung nicht entfernt die Rede sein kann. Wie wenig Druck und Deformationen überhaupt bei der Bildung der Kohle eine Rolle spielen, zeigen die zuweilen in verkohlten Holzstücken vorkommenden Höhlungen von Bohrwürmern, welche ohne irgend erkennbare Spur des Zusammengedrücktseins sich erhalten haben. Auch Gehäuse von Schnecken (*Helices*), welche häufig in der oberbayerischen Kohle wie in jener von Häring eingeschlossen gefunden werden, sind zwar meist zerbrochen und zusammengesunken, aber nicht in anderer Weise als diese Erscheinung in den nur 3 bis 5 m tiefen Torflagern sich zeigt.

IV. Mesolithische Mineralkohlen.

Die Sekundärzeit ist nicht besonders reich an kohligen Ablagerungen. Doch finden sich solche in den verschiedensten Schichtensystemen zahlreich genug vor, um durch eine Reihe von Uebergängen die weite Kluft zwischen Tertiär- und ächter Steinkohle zu überbrücken. Es sind besonders zwei Formen hervorzuheben, in welchen die mesolithischen Kohlen aufzutreten pflegen, nämlich in der sehr eigenthümlichen Ausbildungsweise der meist in einzelnen isolirten Stämmen vorkommenden Gagatite und ferner auf Flötzen von der gleichen Zusammensetzung und allgemeinen Beschaffenheit, welche die Flötze der tertiären Pechkohle oder der Carbonkohle besitzen. Die Flötze dieser sogenannten Stipite bestehen demnach gleichfalls aus unregelmässig wechselnden, bald dickeren, bald schwächeren Parallellagen von matter und von stärker glänzender Kohle, deren Strich durchweg noch einen bräunlichen Ton wahrnehmen lässt, wenn auch die Kohle selbst tiefschwarz

gefärbt erscheint. Durch diese Verhältnisse wird ein allmähliger Uebergang von Braunkohle zu Schwarzkohle vermittelt, auf den auch die übrigen physikalischen Eigenschaften und ihr chemisches Verhalten hinweisen. Es geht dies auch aus der Zusammenstellung Dr. Muck's (a. a. O. S. 126 u. flgd.) hervor.

Ich beschränke mich für jetzt darauf, aus dieser Zwischenperiode nur einige wenige Beispiele näher anzuführen, um zu zeigen, dass auch die mesolithische Kohle wesentlich denselben Charakter, wie wir denselben bei den jüngeren Mineralkohlen bereits nachgewiesen haben und bei den älteren später finden werden, an sich trägt.

Zunächst greife ich aus der Reihe der gagatartigen Kohle einzelne Vorkommnisse der obercretacischen Schichten, dann aus Lias, Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein (bezw. Grödener Sandstein) heraus.

Die Kohle der Gagatite zeichnet sich durchweg aus durch ihre gleichförmige Beschaffenheit, durch den flachmuscheligen Bruch statt des würfeligen der Glanzkohle, welcher nur zuweilen an der Aussenfläche der Gagatkohle auf geringe Tiefe in Verbindung mit augenartigen Absonderungen und Zeichnungen sich einstellt, und durch eine gewisse Zähigkeit der Kohlensubstanz, welche es in den meisten Fällen gestattet, aus dem Gagat verschiedene Gebrauchsgegenstände nach Art der Drechslerarbeiten herzustellen.

Eine Gagatkohle aus dem Quadersandstein von Raschwitz in Schlesien in dünnen Splittern von anscheinend ganz gleichmässiger texturloser Beschaffenheit erweist sich nach der Einwirkung der Bleichflüssigkeit aus sehr deutlich abgegrenzten Zellen von Holztheilen zusammengesetzt, bei welchen in einzelnen Partien die Querstreifen der Markstrahlen sich gleichfalls noch bemerkbar machen (Taf. I Fig. 30). Die gut zusammenhaltende Asche vervollständigt

diesen Nachweis, indem sie ein die ganze Kohlenmasse einnehmendes Haufwerk von Holzgewebe erkennen lässt.

Ein ganz vorzügliches Beobachtungsobjekt liefert die bekannte Gagatkohle aus dem Lias von Boll in Württemberg und jene aus der Gegend von Staffelstein in Franken. Bei diesen Kohlen geben schon die Dünnschliffe das vollständige Bild der durch die ganze Kohlensubstanz ununterbrochen herrschenden Holztextur (Taf. I Fig. 31). Es bedarf hier nicht erst einer Einwirkung der Bleichflüssigkeit oder der Einäscherung, um die gute Erhaltung des Holzgewebes wahrzunehmen, welche jener der verkieselten Stämme nahezu gleichkommt. Wendet man gleichsam zur Kontrole die bezeichneten Hilfsmittel an, so kommt auch auf diesem Wege in gleich deutlicher Weise die der Kohle zu Grunde liegende Holztextur zum Vorschein (Taf. I Fig. 32). Bei der Asche kann man die Tüpfel und Querstreifung der Zellen in voller Klarheit erkennen. Eine Zusammendrückung der Gewebe lässt sich in keiner Weise konstatiren.

Die Keupergagatkohle aus den rhätischen Schichten von Taxsöldern bei Schwandorf in der Oberpfalz ist von so dichter Beschaffenheit, dass selbst in sehr guten Dünnschliffen keine Spur innerer Textur zu sehen ist. Dagegen tritt nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit sehr deutlich die Parallelstreifung der Holztextur hervor. Ammoniak löst die entstandene tiefbraune Substanz vollständig auf. Verwandelt man die Kohle in Asche, so erhält man einen vollständig zusammenhängenden, weissen Rückstand, der mit voller Klarheit die Zusammensetzung der Kohle ausschliesslich aus mit Holztextur versehenem Gewebe uns vor Augen führt. (Taf. II Fig. 33.)

Etwas abweichend verhält sich eine Gagatkohle aus dem Muschelkalk von Sennefeld in Unterfranken, aus deren äusserem Umriss ihre Zugehörigkeit zu *Equisetum* bewiesen wird. Diese Kohle wird von Kalilauge kaum an-

gegriffen, während der Keupergagatit unter Bildung einer tiefbraunen Flüssigkeit stark zersetzt wird. Mit der Bleichflüssigkeit behandelt, zerfällt die Kohle in kleine Trümmer, in welchen sehr deutlich die Zusammensetzung aus parenchymatischem Gewebe und langgestreckten Faserzellen erkannt werden kann (Taf. I Fig. 34). Diese Texturverhältnisse bleiben auch in der Asche noch sehr deutlich sichtbar; die Zellenwände erscheinen jedoch wie zerfressen und zernagt.

Die Gagatkohlenrinde aus dem Grödener Sandstein von Neumarkt in Südtirol besteht, wie sich übereinstimmend aus der Behandlung mit Bleichflüssigkeit und aus der Asche zu erkennen gibt, aus vollständig zusammenhängendem Parenchymgewebe, weches nach Innen in ein System langgestreckter Faserzellen übergeht.

Die sämmtlichen Proben von mesolithischen Gagatkohlen machen uns mithin übereinstimmend mit der Thatsache bekannt, dass ihre Kohlenmasse aus wohlerhaltenem Holzgewebe besteht, dessen Zwischen- und Hohlräume von einer oft die Textur verhüllenden, anscheinend texturlosen, durch Kalilauge bald zersetzbaren, bald wenig angreifbaren Substanz vollständig erfüllt sich darstellt. Ein gleiches Verhalten dürfte wohl für alle mesolithischen Gagatite anzunehmen sein.

Gehen wir zur Betrachtung der mesolithischen Flötzkohle (*Stipite*) über, so ist zunächst im Allgemeinen zu bemerken, dass eine Beständigkeit in ihrem Verhalten zur Kalilauge, in ihrem Strich und in ihrer Härte sich nicht constatiren lässt. Bald sind die älteren Arten derselben mehr pechkohlenartig, bald die jüngeren mehr der Schwarzkohle ähnlich. Ich habe Proben aus den Wälderthon-, Lias-, Lettenkohlen- und rhätischen Schichten näher untersucht.

Die Deisterkohle von Minden besteht, wie die Pechkohle und ächte Karbonkohle, aus miteinander in dünnen Lagen wechselnden Schichten von Matt- und Glanzkohle,

welche jedoch nicht scharf von einander geschieden sind. In dem nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit erhaltenen braunschwarzen Rückstande tritt die Zusammensetzung aus sehr dünnen Lagen besonders deutlich hervor. Darin lassen sich sehr zahlreiche Blattreste, seltener butzenweise aufgehäuftes Rindenparenchym und Faserzellen gut unterscheiden. Diese Zusammensetzung der Kohle wird auch durch die Beschaffenheit der Asche nachgewiesen, welche neben zahlreichen Thonschuppen viele häutig-körnige Membranen nach Art der Epidermalgebilde, ausserdem parenchymatische und langgestreckte Zellen in theilweise zusammenhängenden Trümmerchen enthält (Taf. II Fig. 35.)

Bei der Liasflötzkohle der Alpen aus dem Pechgraben bei Weyer in Oesterreich kommt nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit die Holztextur sehr deutlich zum Vorschein. Es ist sogar die feinere Textur des Holzgewebes noch zu erkennen. (Taf. II Fig. 37).

Die Lettenkohle von Gaildorf in Württemberg und aus der Umgebung von Schweinfurt in Franken liefert mit Kalilauge behandelt eine nur schwach bräunlich gefärbte Flüssigkeit. Sie wird von der Bleichflüssigkeit dagegen sehr energisch zersetzt. Der zuerst erhaltene Rückstand enthält in grosser Menge stark zertheiltes Parenchym- und Prosenchym-Gewebe, welches sich in Alkohol- und Ammoniak grossentheils löst, so dass nunmehr nur Epidermishäutchen und einzelne sehr deutliche Parenchymzellen erhalten bleiben. In der Lettenkohle von Masbach dagegen zeigt sich im Reste sehr deutlich langgestrecktes, fasriges Holzgewebe und Rindenparenchym in grösserer Menge.

Die rhätische Kohle von Theta bei Bayreuth verhält sich ganz ähnlich, wie die Lettenkohle von Masbach, jedoch gesellen sich zu dem fasrigen Gewebe Pollen und Pollenhäutchen in grosser Menge. Manche Streifen der Kohle scheinen fast ausschliesslich aus letzteren zu bestehen (Taf. II Fig. 37).

V. Mineralkohle der Carbonschichten.

Die kohligen Substanzen der jüngeren Reihe der paläolithischen Ablagerungen bilden den eigentlichen Mittelpunkt meiner Untersuchungen, zu welchen die im Vorausgehenden mitgetheilten Versuche mir nur zur Vorbereitung dienen sollten.

Bei diesen Untersuchungen wurden sehr zahlreiche Proben der verschiedensten Abänderungen aus dem pfälzisch-saarbrückischen Gebiete, namentlich aus den tiefsten Schichten desselben (in den Gruben von St. Ingbert in der Rheinpfalz), durch alle Zwischenstufen bis zu jenen der postcarbonischen Kuseler-Schichten, dann aus Westphalen, Sachsen, der Pilsener Mulde, aus Südrussland und von einzelnen Fundorten Grossbrittaniens und Nordamerikas, endlich auch eine Probe der Gaskohle aus Tasmanien (Vandiemensland) verwendet.

Diese Proben vertheilen sich auf verschiedene Abänderungen, welche auf zweckmässige Weise in Schwarz- oder ächte Steinkohle (*Carbonit*) mit ihren Varietäten Glanz-, Matt-, (Streif-), Back-, Sinter-, Sand-, Grob- und Russkohle, dann in Cannelkohle (*Candelit*) und dieser angeschlossen in Bogheadkohle, in Brandschiefer (*Bituminit*), ferner in Faserkohle (*anthracitische Holzkohle*) und endlich in Anthracit unterschieden werden können.

Meine nachfolgenden Mittheilungen sollen sich der Hauptsache nach dieser Eintheilung anschliessen, wobei es sich jedoch zuweilen als zweckdienlich erwies, auch einige Proben ausser dieser Reihenfolge zu behandeln. Zur speziellen Vorbereitung für diese Untersuchung nahm ich zuerst einige Kohlenschiefer und einige in diesen vorkommende Pflanzenüberreste, sowie die Kohlenrinde verschiedener Stämme vor.

Die zarten, dunkel gefärbten Kohlenschiefer lassen sich nach einer längeren Behandlung mit verdünnter Fluss-

säure sehr leicht auflockern und es gelingt auf diese Weise die unerwartet zahlreichen und vortrefflich erhaltenen, allerdings sehr zerstückelten Pflanzentheile zu isoliren, welche dem Schiefer wahrscheinlich ausschliesslich (nicht eigentliches Bitumen) die dunkle Färbung ertheilen. Diese Fragmente sind theilweise in ihrer Textur so wohl erhalten, dass man ohne Weiteres unter dem Mikroskop in ihnen das Pflanzengewebe noch erkennen kann. Es liegt hier eine bis jetzt noch völlig unausgebeutete Fundgrube für phytopaläontologische Forschungen verborgen, auf die ich nachdrücklichst aufmerksam mache, da es ausserhalb der mir gestellten Aufgabe liegt, diese Verhältnisse weiter zu verfolgen. Nur das Eine sei hervorgehoben, dass diese Art der Vermengung von Thonflocken mit Sandkörnchen und zerfetzten Pflanzenresten unzweideutig auf die Entstehung der Kohlenschiefer aus Anschwemmungsmaterial hinweist und dass, da alle denkbaren Uebergänge von Kohlenschiefer zu Schieferkohle und aschenreicher Steinkohle vorkommen, die Möglichkeit einer Betheiligung von pflanzlichem Detritus an der Zusammensetzung mancher Kohlenflötze oder Flötztheile nicht in Zweifel gezogen werden darf.

Bezüglich der Untersuchung von grösseren, im Kohlenschiefer eingebetteten Pflanzen- hauptsächlich Blatttheilen ist anzuführen, dass es auch mit Beihilfe der Flusssäure selten gelingt, noch in grösseren Partien zusammenhängende Blattstücke zu isoliren, weil die Kohlenrinde, ähnlich wie bei den früher angeführten Tertiärpflanzen, in kleine rhomboëdrische Splitterchen auseinanderfällt, so bei *Farnen, Lepidophyllen, Sphenophyllen, Annularien.* Besser zum Ziele führt die direkte Behandlung der noch mit einer dünnen Schieferunterlage versehenen kohligen Pflanzentheile mit der Bleichflüssigkeit, wobei zuweilen einzelne Stückchen sich von der Schieferunterlage ablösen und zur Untersuchung geeignet sich erweisen. Indess gelingt es auch auf diesem Wege

selten, bei sehr zarten Pflanzenresten mehr als blosse Andeutungen der noch vorhandenen Gewebetextur zu erhalten; nur die langgestreckten Zellen der Blattnerven und die Epidermis entziehen sich fast in keinem Fall der Beobachtung. Es sei hier nur beispielsweise auf die Wahrnehmungen an *Lepidophyllum* und *Neuropteris* (Taf. II Fig. 38) hingewiesen, um die Art und Weise, in welcher derartige Erscheinungen zu Tage treten, kennen zu lernen.

Bei den nadelförmigen Blattorganen von *Lepidodendron*, welche eine derbere Consistenz haben, gibt sich die Pflanzentextur schon viel besser zu erkennen. Es sind sehr deutlich langgestreckte Zellen, nach der Behandlung der oxydirten Kohle mit Ammoniak auch parenchymatische Zellen und Epidermisblättchen mit Spaltöffnungen zu sehen. Nicht selten fand ich unter diesem Gewebe auch jene merkwürdigen, langgestreckten Zellen mit kreuzähnlichen Zeichnungen, genau so, wie solche Dawson (Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London 1859, Pl. VIII F. 13 d.) darstellt. (Vergl. II Fig. 39.)

So weit der Kreis meiner Untersuchung reicht, fand ich diese kohlige Rinde fast durchweg in Form von Glanzkohle ausgebildet. Daher erklärt sich auch die starke Zerklüftung derselben, welche eine Eigenthümlichkeit der Glanzkohle ist. Zugleich ist damit erwiesen, dass auch Blatttheile das Material geliefert haben können, aus welchem die aus Glanzkohle bestehenden einzelnen Lagen der Kohlenflötze hervorgegangen sind.

Messungen der Dicke der Kohlenrinde, welche ich bei zahlreichen Farnfiederchen vornahm, führten zu demselben Resultate, wie bei den Tertiärblättern, dass nämlich die Dicke der Kohlenrinde nicht oder nur wenig, höchstens um die Hälfte geringer ist, als die der Blatttheile in grünem Zustande etwa gewesen sein mag.

Ein reiches Feld der Untersuchung bietet sich in den so häufig innerhalb der Kohlengebirgsschichten auftretenden Rinden hohler Stämme und Zweige. Ich habe mich auf einige wenige Versuche beschränkt und dabei hauptsächlich die Dimensionsverhältnisse und den Nachweis der noch erhaltenen Pflanzentextur ins Auge gefasst.

In Bezug auf die Frage, ob die Kohle in ihrem vorliegenden Zustande wesentlich andere Dimensionen einnähme, als die Pflanzensubstanz anfänglich besass, aus der sie hervorging, schien mir die Untersuchung und Vergleichung der Rindendicke an aufrechtstehenden, nicht deformirten und an liegenden, zusammengedrückten Exemplaren von ausschlaggebender Bedeutung. Bei einem aufrechtstehenden *Calamiten*-Stamm von 92 mm Durchmesser besitzt die Kohlenrinde eine Dicke von 1 mm; bei mehreren liegenden zusammengequetschten *Calamiten*-Stämmen, deren restaurirter Durchmesser sich auf 100—120 mm berechnet, beträgt die Dicke der Kohlenrinde 1—1,25 mm, also nicht weniger, eher mehr als bei dem aufrechtstehenden Stamme, von dem denn doch nicht wohl angenommen werden kann, dass seine Rinde unter der Wirkung grossen Drucks in Kohle verwandelt worden sei.

Bei *Sigillaria* beoachtete ich an aufrechtstehenden Stämmen von 80—100 mm Durchmesser eine Kohlenrinde von 1,25—1,50 mm Dicke, bei liegenden zusammengequetschten Stämmen von nahezu gleichem Durchmesser eine Kohlenrinde von 0,9—1,50 mm Dicke, endlich bei aufrechtstehenden *Lepidodendron*-Stämmen von 60 mm Durchmesser eine 1,25 mm dicke Kohlenrinde, wie bei liegenden Exemplaren von annähernd gleichen Dimensionen.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, einmal, dass ein hoher Druck nicht als ein wesentliches Moment der Umwandlung von Pflanzensubstanz in Kohle gelten kann, und dann, dass bei diesem Inkohlungsprocesse die Pflanzen-

substanz eine beträchtliche Raumreduktion, die von Vielen auf das 25—30fache angenommen wird, nicht erlitten hat.

Indem ich mich der Untersuchung der Texturverhältnisse zuwende, welche sich an der Kohlenrinde solcher Stämme nachweisen lassen, ist es wohl überflüssig vorauszuschicken, dass, da diese Textur an verkieselten Exemplaren in so vollständiger Weise bereits durch die ausgezeichnetsten Phytopaläontologen klar gelegt worden ist, meine Versuche nicht etwa auf eine Erweiterung dieser Feststellungen, sondern einfach darauf gerichtet waren, zu ermitteln, ob sich in diesen aus der ausgezeichnetsten Glanzkohle bestehenden Kohlenrinden das Pflanzengewebe überhaupt und in welcher Form erhalten habe. Um Wiederholungen zu vermeiden bemerke ich im Voraus, dass sich irgend ein erheblicher Unterschied auch in Bezug auf die feineren Texturverhältnisse der Kohlenrinde liegender zusammengequetschter und stehender nicht deformirter Stämme nicht wahrnehmen liess.

Die Kohlenrinde von *Calamiten* aus den Kohlenschichten von St. Ingbert schien selbst nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit texturlos als eine gleichförmig tiefbraune Masse. Erst nach einer sorgfältigen Erhitzung oder nach der Einwirkung von Alkohol tritt die Pflanzentextur sichtbar hervor und nach einer weiteren vorsichtigen Behandlung mit sehr verdünnter Ammoniakflüssigkeit kommt das vorwaltend aus parenchymatischen Zellen bestehende Gewebe deutlich zum Vorschein. Dabei zeigen sich mehr vereinzelt langgestreckte quergestreifte Zellen. Controlversuche an eingeäscherter Kohlenrinde bestätigen, dass diese Textur auf die ganze Rinde gleichmässig sich erstreckt. (Vergl. Taf. II Fig. 40.) Fast die gleichen Resultate ergeben sich bei der Kohlenrinde von *Lepidodendron* und *Sigillaria*. Bei ersterer waren zahlreiche, langgestreckte mit Tüpfeln versehene Zellen sichtbar (Taf. II Fig. 41), in der *Sigillaria*-Rinde dagegen fanden sich neben verhältnissmässig spärlichen Parenchym-

zellen sehr zahlreich dünne bastartige Zellen vor (Taf. II Fig. 42). Lässt sich auch aus diesen Beobachtungen nicht mit voller Sicherheit der Schluss ziehen, dass, weil in der Glanzkohle der Rinde von isolirten Stämmen die Gewebetextur sich nachweisen lässt, in gleicher Weise die Glanzkohle der eigentlichen Kohlenflötze dieselben Texturverhältnisse besitzen müsse, so wird es wenigstens dadurch erklärlich, wenn wir bei der dichten Glanzkohle der Flötze ähnlichen Erscheinungen begegnen.

Bei der Flötzkohle der allgemein verbreiteten, gewöhnlichen Steinkohle beobachtet man durchweg, wie dies bereits von Grand'Eury und Muck mit allem Nachdruck hervorgehoben wurde, einen meist in dünnen Lagen wechselnden Aufbau aus Schichten von Glanz- und Mattkohle, denen sehr häufig theils in zerstreuten Trümmern theils in zusammenhängenden Streifen Faserkohle beigemengt ist. Nur wenige Kohlenflötze scheinen nahezu ausschliesslich aus Glanz-, andere vorherrschend aus Mattkohle zu bestehen, während in gewissen Russkohlenflötzen die Faserkohle den überwiegenden Bestandtheil ausmacht.

Wie schon bei den jüngeren Kohlenarten hervorgehoben wurde, zeichnet sich die Glanzkohle durch Risse oder Spältchen aus, die unter verschiedenen Winkeln die Schichtflächen schneiden, jedoch in der Regel durch die Zwischenlage der Mattkohle nicht durchsetzen. Auf solchen Rissen erscheinen häufig auch jene tellerartigen Zeichnungen, die man Augen nennt, bedeckt von dünnen Spathblättchen, einem Schwefelkiesanflug oder Pholerithäutchen, welche auf ihren Flächen fischschuppenähnliche Zeichnungen wahrnehmen lassen. Sie sind der Abdruck der kreisförmigen Linien, welche auf den Augenflächen sichtbar sind und deuten, da sie ganz unabhängig von der mineralischen Natur der Ueberzugsrinden sind, an, dass letztere nicht die Ursache der Augenbildung sein können, sondern nur als Ausfüllungen und An-

siedelungen auf den bereits vorhandenen Klüftchen angesehen werden dürfen. Dass diese Augen nur als eine Absonderungserscheinung in Folge des Zerreissens der festwerdenden Kohlenmasse anzusehen seien, ist schon früher angeführt worden.

Es ist von Interesse, bei der Untersuchung der Flötzkohle die der Glanzkohle von jener der Mattkohle getrennt vorzunehmen, was in den meisten Fällen ausgeführt werden kann, wenn sie in einigermaassen dicken Streifen geschieden vorkommen. Es macht sich bei der Behandlung beider Hauptabänderungen der Flötzkohle mit der Bleichflüssigkeit zwar nicht immer, aber doch in weitaus den meisten Fällen eine auffallende Verschiedenheit bemerkbar. Auf die Glanzkohle wirkt nämlich die Bleichflüssigkeit meist weit energischer ein, und erzeugt eine tiefbraun gefärbte, theilweise Lösung der Substanz, während bei der Mattkohle — unter sonst ganz gleichen Umständen — die Zersetzung viel weniger heftig ist und die Flüssigkeit weniger tief braun oft nur intensiver gelb sich färbt, wie dies auch bei den cannelkohleartigen Substanzen der Fall ist. Dieses Verhalten und die Untersuchung der sich hierbei bildenden kohligen Stoffe und Gase verdient noch eine eingehendere Untersuchung. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass sich dadurch auch für die Beurtheilung der technischen Brauchbarkeit der verschiedenen Kohlensorten nützliche Anhaltspunkte gewinnen lassen werden. So viel steht fest, dass die äusserliche Verschiedenheit auch in der Substanz der Kohle nach ihrem chemischen Verhalten tief begründet ist.

Die Glanzkohle im grossen Ganzen besteht aus einer intensiv braunen, in dünnen Splitterchen scheinbar völlig texturlosen Masse, welche auch nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit meist nur geringe Spuren pflanzlicher Textur wahrnehmen lässt, dagegen nach der weiteren Einwirkung von Alkohol und zum Theil von stark verdünnter Ammoniakflüssigkeit oder von mässigem Erhitzen vor der An-

wendung der Bleichflüssigkeit eine Zusammensetzung aus verschiedenartigem Pflanzengewebe zu erkennen gibt. Vorherrschend zeigen sich parenchymatische Zellen, wie sie in der Rinde vorzukommen pflegen, ferner Gewebe, ähnlich denen des Holzes, Blatttheile, welche durch das Vorkommen von Epidermisgebilden verrathen werden und endlich mehr vereinzelt, rundliche häutige Scheibchen und kugelige Körper, welche man für Sporen anzusprechen pflegt (Taf. II Fig. 43). Es ist mir in der ganzen grossen Reihe meiner Versuche [1]) verhältnissmässig sehr selten vorgekommen, dass nicht reichliche Antheile von pflanzlicher Textur zu erkennen gewesen wären, dagegen gelingt es nicht immer, sich volle Ueberzeugung davon zu verschaffen, dass die ganze Kohlenmasse eine noch unterscheidbare Pflanzentextur in sich schliesse. Es ist mir sogar wahrscheinlich, dass ziemlich häufig die Substanz der ursprünglichen Pflanzen so gleichmässig in der Glanzkohle umgebildet ist, dass die Differenz zwischen Pflanzengewebe und Ausfüllungsmasse, auf welcher ja das Sichtbarwerden der pflanzlichen Textur mit Beihilfe von chemischen Mitteln beruht, nur bei sehr sorgfältiger Behandlung zur Erscheinung gebracht werden kann. Es ist aber auch nach den bei dem Dopplerit gemachten Wahrnehmungen nicht zweifelhaft, dass in analoger Weise wirklich texturlose Kohlensubstanz an der Zusammensetzung gewisser Kohlenflötze betheiligt sei. Ich glaube dies namentlich bei jener nicht würfelig sondern muschelig splitterig brechender Glanzkohle erkannt zu haben, welche zuweilen aderartig die Matt-

1) Das Gelingen dieser Untersuchungen hängt in hohem Grade von der richtigen Concentration der verwendeten Chemikalien und der Zeitdauer der Einwirkung ab, so dass es räthlich erscheint, bei negativen Resultaten die Versuche unter geänderten Verhältnissen öfters zu wiederholen. Auch ist hier ausdrücklich darauf aufmerksam zu machen, dass die Kohlen von verschiedenen, auseinanderliegenden Punkten desselben Flötzes sich wesentlich verschieden verhalten können.

kohle durchzieht oder in der Cannelkohle auftritt, oder aber deutlich gangförmig in das Nebengestein der Kohlenflötze vordringt. Besonderen Schwierigkeiten unterliegt nach der einfachen Untersuchungsmethode der Nachweis der pflanzlichen Textur bei der Glanzkohle mehrerer Flötze der Grube Centrum, z. B. der Flötze Kessel, Schlemmrich und Fornegel, bei welch letzterer merkwürdiger Weise sehr zahlreiche Faserkohlentheilchen ganz unregelmässig in der braunen Kohlensubstanz eingebettet vorkommen, während in der Kohle der anderen Flötze solche Einlagerungen nicht beobachtet wurden. Erhitzt man jedoch diese Kohle, ohne dass sie sich bläht, vor der Anwendung der Bleichflüssigkeit und lässt alsdann erst die letztere einwirken, so kann man sich überzeugen, dass auch alle diese Kohlen in reichlicher Menge langgestreckte Zellen und Epidermisblättchen in sich schliessen. (Vergl. Taf. III Fig. 46.) Von der durch Schordorff und Muck[1]) besonders hervorgehobenen Kohle des Flötzes Gnejsenau auf der Dechengrube bei Saarbrücken liegen mir durch die besondere Gefälligkeit des Hrn. Directors Täglichsbeck Originalproben vor, welche, wie die gewöhnlichen Saarkohlen aus wechselnd glänzenden und matten Kohlenschichten mit Streifen und Butzen von Faserkohlen zusammengesetzt sind. Die Glanzkohlen-Lagen dieser Varietät zeichnen sich durch den Reichthum an breiten fasrigen Zellen und Sporen aus, ausserdem machen sich Epidermisblättchen, schleuderähnliche Fäden, Räschen kleinster algenähnlicher Körper und weitmaschiges Parenchymgewebe bemerkbar. (Taf. III Fig. 47.) Die matten Partieen dieses Flötzes dagegen, um dies gleich hier anzuführen, scheinen nahezu ausschliesslich aus fasrigen Zellen, wie von Grasblättern abstammend, aus parenchymatischem Gewebe,

1) Preuss. Zeitschr. f. B. H. S. Wes. B. 23 S. 135 ff. und Muck, Steinkohlen-Chemie S. 39.

wenigen Sporen und nur selten beigemengten Treppengefässen mit zum Theil erkennbarer Streifung zusammengesetzt zu sein.

Sehr ähnlich verhält sich die vorzüglich backende Glanzkohle des Flötzes Nr. 30 der benachbarten Grube St. Ingbert, während bei der Glanzkohle von Flötze 19—20 (Blücher) wieder das parenchymatische Gewebe in den Vordergrund tritt.

In den prächtigen Augenkohlen des Flötzes 10 S. Abth. St. Ingbert, beobachtete ich Faserzellen mit jenen kreuzförmigen Zeichnungen, die schon bei *Lepidodendron* angeführt wurden. (Vergl. Taf. III Fig. 48.)

Die weniger stark glänzende sog. Pechkohle von Zwickau zeichnet sich aus durch den Reichthum an parallel gestreiftem und netzförmigem, seltener dünnfasrigem Gewebe sowie besonders an, wie es scheint, streifenweis vorkommenden sogenannten Sporen, die ein dicht gedrängtes Haufwerk ausmachen. (Taf. III Fig. 49.)

Den Gegensatz zu dieser Zwickauer Kohle bildet eine besonders prächtige Kohle aus Südrussland (ohne nähere Angabe des Fundpunktes). In derselben treten nebeneinander Parenchym- und Prosenchym-Gewebe in fast gleicher Menge und von vortrefflicher Erhaltung auf. Die Tüpfelung der Zellen ist deutlich zu sehen. Zahlreich sind auch Epidermishäutchen. Sporen scheinen zu fehlen.

Eine Kohle aus Neuschottland enthält in den Glanzkohlenzwischenlagen viel fasriges Gewebe mit erhaltenen Tüpfeln und Epidermalgebilde, spärlich erscheinen sporenähnliche Schalen und Kügelchen. Jene Hauptmasse hält die Mitte zwischen Glanz- und Mattkohle. In letzterer treten Parenchymzellen neben sehr dünnen Faserzellen, Epidermishäutchen, Sporen und den schon öfter erwähnten algenähnlichen Häufchen besonders hervor. Dünne, spiralig gedrehte Fasern erinnern an Schleuderzellen.

Die Glanzkohle des Hauptflötzes der Mathildenzeche aus

der Pilsener Mulde nähert sich in ihrer Beschaffenheit der erwähnten Kohle von Centrum besonders durch die sporadische Beimengung fein vertheilter Faserkohle. Doch sind auch Parenchymzellen reichlich vorhanden.

Die eigenartige, von Muck (a. a. O. S. 39) unter der Bezeichnung Pechsteinkohle hervorgehobene Varietät des Elisenflötzes der Zeche Dorstfeld, von welcher ich der Gefälligkeit des Hrn. Muck Proben verdanke, schliesst sich in den stärker glänzenden Lagen eng an die Glanzkohle an. In dieser Partie der Kohle lässt sich fast ausschliesslich nur parenchymatisches Gewebe erkennen. Bastähnliche dünne Fasern zeigen sich untergeordnet und Sporen vereinzelt.

Fast sämmtliche Glanzkohlen hinterlassen, sehr langsam erhitzt und verbrannt, eine geringe Menge von zusammengefallener Asche, in der gleichwohl die Spuren pflanzlicher Textur nicht vermisst werden.

Die aus Mattkohle bestehenden Lagen der Kohlenflötze zeichnen sich in ihrem allgemeinen Charakter durch das Vorherrschen von Prosenchymgewebe aus, welches, wie mir scheint, hauptsächlich von blattähnlichen Pflanzentheilen abstammt. Epidermishäutchen sind ungemein häufig; auch sporenartige Gebilde kommen in grösserer Menge neben sporadisch eingestreuten Nädelchen von Faserkohle vor. Dünne Flasern von Schieferthon, welche leicht an ihrem körnigen Gefüge und der Beimengung von i. p. L. farbig glänzenden Quarzkörnchen zu erkennen sind, dürften einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung dieser Kohle nehmen. Darauf deutet auch der Umstand hin, dass die aus Mattkohle bestehenden Flötztheile meist aus sehr zahlreichen, dünnen Einzellagen zusammengesetzt sind, dass sie sich leichter in mit der Schichtung ungefähr parallelen Splitterchen zersprengen lassen, und dass die Asche in den oft noch zusammenhängenden Klümpchen blätteriges Gefüge besitzt. Im Allgemeinen beobachtet man an der Mattkohle eine

viel mehr wechselnde Beschaffenheit, als dies bei den Glanzkohlen der Fall ist. (Vergl. Taf. II Fig. 44.)

Vielfache Uebergänge verbinden die Mattkohle einerseits mit dem noch blättrigen Brandschiefer und andererseits mit der derben Cannelkohle und ähnlichen Abänderungen. Durch zunehmende Beimengungen von Schieferthontheilen geht sie nach und nach in den sogenannten bituminösen Schiefer und kohligen Schieferthon über.

Die nicht Cokes liefernden Kohlen der hangenden Carbonschichten und des Ueberkohlengebirgs der Rheinpfalz, nämlich die Hausbrandkohle des Flötzes von Breitenbach, Steinbach, Wolfstein und die Kalkkohle von Kusel und Odenbach bestehen überwiegend aus dünnen Lagen einer Art Glanzkohle mit hautartigen Zwischenstreifchen von Mattkohle, die sich leicht in mit der Schichtung parallele Lagen theilen lässt (Schieferkohle). Sie geben kaum backende Cokes und geringe Mengen von Gas. Bei allen diesen Kohlen macht sich die Betheiligung von blattähnlichen Pflanzentheilen besonders bemerkbar. In der Kohle von Kusel (Ginsweiler) beobachtete ich eine geradezu erstaunliche Menge sehr vielgestaltiger Blattreste, welche einer eingehenden phytopaläontologischen Untersuchung ein reiches Material liefern würden.

Die Kohle von Odenbach, welche im Dach von einem sogenannten bituminösen Kalkstein bedeckt wird, enthält in den glanzkohleähnlichen Lagen eine grosse Menge von in sehr kleine Trümmerchen zerfallenem Pflanzengewebe, während die matten Zwischenlagen erfüllt sind von deutlich netztörmig geaderten Blattresten und fasrigen Zellen. (Taf. II Fig. 45.) Sehr ähnliche Verhältnisse finden wir auch bei der Kohle des an der Grenze zwischen Kohlen- und Ueberkohlenschichten aufsetzenden Flötzes von Breitenbach-Steinbach. Auch hier herrscht in der stärker glänzenden Kohle sehr zerstückeltes Pflanzenmaterial untermengt mit parallelfasrigen

Zellen, Faserkohlentrümmern und Thonflasern vor. Die matte Kohle enthält dagegen viel prosenchymatisches Gewebe, zahlreiche sogenannte Sporen und sehr reichlich Thonflocken.

Unter Brandschiefer, welchem auch die Boghead-Kohle angereiht wird, hat man sehr verschiedene schiefrige Kohlenabänderungen zu verstehen. Sie scheinen in zwei Gruppen sich zu theilen, nämlich in eine Gruppe, bei welcher die brennbaren Bestandtheile vorwaltend thierischen Ueberresten entstammen und in eine Gruppe mit Einschlüssen von überwiegend pflanzlicher Natur. Es dürfte nützlich sein die Bezeichnung Brandschiefer bloss auf die erste Art einzuschränken. Darüber später eine kurze Bemerkung. Was mir als Brandschiefer aus der Zwickauer Mulde vorliegt, gehört zu den pflanzenführenden Bildungen und enthält in den mattschimmernden, dünngeschichteten Streifchen stark zerfallenes Pflanzengewebe, körnige Flocken, parallelstreifige Blattreste, Epidermishäutchen, vereinzelte sogenannte Sporen und Faserzellen, mit vielen Schieferthontheilen vermengt. Obwohl der Querschnitt grosse Aehnlichkeit mit dem der Cannel- oder Bogheadkohle besitzt, fehlen dem Brandschiefer doch die charakteristischen Einlagerungen dieser Kohlenarten. Desshalb schliesst sie sich enger an die Mattkohle und den kohligen Schiefer an.

Man darf wohl annehmen, dass die anthracitische Faserkohle zu den wesentlichen Bestandtheilen der carbonischen Flötzkohle zu zählen sei. Denn abgesehen von den in die Augen fallenden Trümmern von Faserkohle, deren meist kurz abgebrochene Stückchen in den verschiedensten Richtungen ihrer Faserung zusammengehäuft ganze Zwischenlagen der Kohlenflötze ausmachen oder auch butzenweise zerstreut mitten in den anderen Kohlenschichten eingebettet sind, hat die Untersuchung der Glanz- und Mattkohlenstreifen ihre sehr häufige Anwesenheit in Form kleiner,

zertheilter Nädelchen und Klümpchen bei zahlreichen Proben beider Kohlenabänderungen ergeben.

Ihre holzähnliche Pflanzentextur ist so deutlich ausgesprochen und bereits so ausführlich von J. W. Dawson [1]) beschrieben worden, dass ich mich hier kurz fassen darf.

Die Faserkohle verhält sich nicht in allen Vorkommnissen und durch ihre ganze Masse hindurch gegen Oxydationsmittel und Einäscherung auf gleiche Weise. Zahlreiche Trümmer derselben widerstehen beharrlich selbst einer langandauernden Einwirkung von Kaliumchlorat in Substanz und concentrirter Salpetersäure, andere zertheilen sich bei diesen Versuchen in feinste Nädelchen und noch andere werden in einzelnen Theilen zersetzt, so dass dann unter dem Mikroskop helle, durchsichtige Zellen neben vollständig undurchsichtigen und zuweilen an der Stelle der Tüpfel durchbrochene Fasern nebeneinander sichtbar sind. Selbst in nicht sehr lang geglühter Asche erhalten sich häufig noch Theile der eingeschlossenen Faserkohle unverändert und unverkohlt. Bei langandauernder Erhitzung bleibt schliesslich ein dünnes, in Wasser und Salzsäure unlösliches Kieselskelett zurück.

Messungen einzelner zertheilter Nädelchen der Faserkohle haben ein Plattgedrücktsein derselben nicht erkennen lassen; die Zellen und Gefässe besitzen nach allen Richtungen hin gleichgrosse Oeffnungen und Dimensionen.

Es ist wohl allgemein anerkannt, dass die Faserkohle dem Holzkörper von baumartigen Pflanzen der verschiedensten Abtheilungen des Gewächsreiches entstammen kann, wie ihr Auftreten in allen Mineralkohlenbildungen beweisen dürfte. Bei der Carbonkohle mögen hauptsächlich *Lepidodendron, Sigillarien, Ulodendron* und *Calamiten* die

---

1) The Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London XV. 1859 p. 627—637; Taf. XVII—XIX.

reichlichsten Beiträge geliefert haben. Bei *Calamiten* konnte ich an einem deutlich erkennbaren Exemplare die Faserkohle in den mittleren Theilen des Stammes direkt constatiren.

Die Art ihres Vorkommens in den Kohlenflötzen, ihre Zerstückelung in meist kurze, spahnartige Fragmente und ihre lockere Beschaffenheit weisen übereinstimmend darauf hin, dass die Substanz der Faserkohle schon in so zu sagen fertigem, nicht weiter veränderbaren Zustande von den Kohlenflötzen aufgenommen wurde. Es ist sehr bemerkenswerth, dass nicht selten Butzen von Faserkohle mitten in der derbsten Glanzkohle eingebettet liegen, ohne von der Masse der letzteren durchdrungen zu sein.

Es führt das zu der Annahme, dass die Faserkohle durch einen eigenthümlichen Vermoderungsprocess an der freien Luft unter Einwirkung von zeitweiser Durchfeuchtung und Wärme, welche eine Art Verkohlung zur Folge hatte, erzeugt worden sei. Dabei zerfiel der Holzkörper, wie heut zu Tage noch das vermoderte Holz ausgehöhlter Baumstämme, in kleine Trümmer, welche dem übrigen, die gewöhnliche Flötzkohle bildenden Pflanzenmaterial zugeführt wurden. Von Waldbränden, die etwa durch Blitze entzündet oder von Verkohlung durch unterirdische Hitze, durch welche die Faserkohle erzeugt worden wäre, kann keine Rede sein. Es sprechen alle Umstände, unter welchen die Faserkohle vorkommt, gegen eine solche Annahme.

Ausser der gewöhnlichen Flötzkohle, welche aus wechselnden Lagen von Glanz- und Mattkohle oder von einer dieser Abänderungen nahezu ausschliesslich für sich, aber mit deutlich unterscheidbaren einzelnen Schichten zusammengesetzt ist und in den meisten Fällen auch Faserkohle in einzelnen Butzen oder Streifchen in sich schliesst, werden noch als zahlreiche Abänderungen Schieferkohle, Grob- und Russkohle angeführt.

Die Schieferkohle, durch ihre deutliche, schiefrige Absonderung und leichte Spaltbarkeit ausgezeichnet, kann eine Selbstständigkeit nicht in Anspruch nehmen. Sie ist eine dünnstreifige Flötzkohle, deren schiefriges Gefüge auf einer mehr oder weniger scharfen Scheidung von Matt- und Glanzkohlenlagen beruht. Ihr schliesst sich auch die Blätterkohle, welche aus sehr dünnen Lagen besteht und in der Regel beträchtliche Mengen von Thon enthält, an.

Noch weniger bestimmt ist das, was man Grobkohle nennt. Diese soll dickschiefrig sein, uneben brechen und matten Schimmer besitzen. Eine dieser Bezeichnung sehr wohl entsprechende, auch als Grobkohle bezeichnete Probe aus Lancashire wird von der Bleichflüssigkeit wenig zersetzt, zerfällt jedoch in kleine Trümmer, welche aus verschiedenen Substanzen bestehen. Ein Theil durch bräunlich olivengrüne Färbung ausgezeichnet, lässt, wie die Hauptmasse der Glanzkohle, kurz gegliedertes Gewebe deutlich erkennen; der überwiegende Theil besitzt die Textur der Faserkohle, bleibt fast undurchsichtig, zeigt jedoch die charakteristischen Tüpfeln und Streifen (Taf. III Fig. 68). Dazu kommt eine grosse Menge von kleinen Schieferthonflasern und Quarzkörnchen, so dass an der vorliegenden Probe der bis zum Verbrennen auch der anthracitischen Faserkohle geglühte Aschenrückstand gegen 70 % des ursprünglichen Gewichts der Kohle beträgt. Das Ganze macht den Eindruck eines mit reichlichen Kohlentheilchen untermengten sandigen Sedimentes.

Von der lockeren, zerreiblichen, stark abfärbenden Russkohle habe ich Proben aus den sächsischen Kohlenablagerungen und aus dem Flötze von Stockheim in Oberfranken einer Untersuchung unterzogen. Die sächsische Russkohle ist eine lockere, zerreibliche, abfärbende kohlige Substanz von anthracitischer Beschaffenheit, unterscheidet sich aber wesentlich von der eigentlichen Faserkohle dadurch, dass sie nicht wie letztere aus Prosenchymgewebe, sondern

in überwiegender Menge aus kurzstabförmigen und zerfallenen Parenchymzellen, untermengt mit nur einzelnen, nadelförmigen Gewebezellen besteht. Die Bleichflüssigkeit übt nur eine geringe Wirkung auf diese Kohle aus, indem sich unter ihrem Einflusse nur einzelne Pflanzentheile bräunlich färben und durchscheinend werden. Aehnlich verhält sich die Russkohle von Stockheim.

Dass auch thierische Stoffe sich in eine förmliche Kohle umbilden können, beweist die Umwandlung von Fischresten in Glanzkohle, welche man in verschiedenen Bildungen der Carbon-, Postcarbon- (Lebacher- und Kupferschiefer), Lias- u. s. w. Schichten beobachtet. Dieser Zoocarbonit tritt dann auch zuweilen in zwar schmalen, aber regelmässigen Flötzchen namentlich in der Lebacherstufe z. B. bei Münsterappel in der Rheinpfalz auf. Die glänzend schwarze, würfelig brechende Kohle umschliesst zahlreiche, an ihrer Form und am Schmelze kenntliche Fischschuppen und ganze Fischkörper, erscheint im Uebrigen dicht und scheinbar texturlos. Nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit zeigt sich eine höchst charakteristische unregelmässig parallele Streifung mit eigenthümlichen narbenartigen Butzen und dazwischen durchziehenden dunklen Adern, wie von Gefässen herrührend. (Taf. III Fig. 50.)

Cannelkohle.

Ganz besonders eigenartig sowohl in Bezug auf ihre Structur, wie in ihrer Beschaffenheit, welche in der besonderen technischen Verwendung Ausdruck findet, bildet die englische Cannelkohle den Ausgangspunkt für eine Reihe ähnlicher Kohlenabänderungen, welche sich auch als Einlagerungen auf Flötzen mit der gewöhnlichen Steinkohle an der Ruhr, in Böhmen, in Frankreich, Russland und Tasmanien finden.

Die typische Cannelkohle von Wigan in Lancashire und von Cleehill in Shropshire weisen eine so übereinstimmende Beschaffenheit auf, dass ich die Beschreibung beider zusammenfassen kann.

Diese Kohle besitzt einen matten, an das Feinerdige erinnernden Bruch, eine anscheinend völlig gleichartige Masse und enthält kaum Spuren mit unbewaffnetem Auge unterscheidbarer Pflanzenreste. In Dünnschliffen, parallel und quer zur Schichtung geschnitten, erweist sich jedoch diese Masse aus verschiedenen Theilchen zusammengesetzt, wie dies in ganz vorzüglicher Weise bereits J. Quekett in seiner Abhandlung über die Bogheadkohle auf Tafel V (Journ. of Microsc. Science II 1854) dargestellt hat. Es ist besonders hervorzuheben, dass, wie aus dem Querdünnschliff zu ersehen ist, die anscheinend ungeschichtete derbe Kohlenmasse aus höchst dünnen, innigst verbundenen Schichtenlagen mit ungemein zahlreichen, hellgelblichen, z. Th. rundlichen und braungelben, z. Th. länglichen, mit einem mittlern dunklen Kern versehenen Ausscheidungen besteht, welche sich z. Th. i. p. L. als schwach doppelt brechend verhalten. (Taf. III Fig. 53 b. c.) Dazwischen liegen fasrige dunkelbraune Streifen. Die weiteren Versuche unter Anwendung von Bleichflüssigkeit, von Alkohol und schliesslich von Ammoniak ergaben, wie dies bereits von Dawson bei zahlreichen Kohlen Nordamerikas nachgewiesen worden ist, eine erstaunlich reichliche Beimengung von rundlichen Scheibchen, halbkugeligen Häutchen und kugelförmigen Körperchen, welche vorläufig mit Dawson [1]) als Sporen und Sporenkapseln bezeichnet werden sollen. (Vergl. Taf. III Fig. 51.) Dazu gesellt sich eine grosse Menge krümeliger, bröcklicher bis erdiger Körnchen und Flocken, die ich für völlig zerfallenes Pflanzengewebe halte, untermengt mit nicht häufigen, aber deutlich erkennbaren,

1) Amer. Journ. of Science and Arts 1874 I p. 256.

zum Theil sehr wohl erhaltenen Parenchym- und breiten, langgestreckten Prosenchymzellen. (Taf. III Fig. 52.) Auch Quarzkörnchen und Thonflocken machen sich bemerkbar. Am auffallendsten jedoch sind kleine, rundliche Häufchen und Räschen, welche fast noch häufiger, als die sporenähnlichen Körperchen nach der Behandlung mit Ammoniak zum Vorschein kommen. Diese Räschen bestehen aus winzig kleinen, kolbenförmigen, zuweilen verzweigten Cylindern, welche sich um ein Centrum gruppiren. (Vergl. Taf. III Fig. 53.) Derartige Einschlüsse haben wir bereits vielfach im Vorausgehenden bei den verschiedensten Kohlenproben kennen gelernt und vorläufig als algenähnliche Gebilde bezeichnet, aber bis jetzt in keiner Probe so gehäuft gefunden, wie in der Cannelkohle. Ueber deren pflanzliche Natur scheint mir nicht der geringste Zweifel zu bestehen. Auch Prof. Dr. Harz, der gründliche Kenner solcher niederen Organismen, bestätigte meine Anschauung, die noch tiefer begründet wurde durch die Entdeckung grösserer Gebilde dieser Art in der devonischen Gaskohle. Ich möchte die Anwesenheit dieser merkwürdigen Reste bei der Cannelkohle für wesentlich und charakteristisch erklären, obgleich ich nicht in der Lage bin, vom botanischen Standpunkte aus den Gegenstand eingehender zu erörtern.

In der nur 1,25 % betragenden lockeren Asche sieht man viele kurze faserige Nädelchen, von zersetztem Spatheisenstein herrührende dünne Blättchen und vereinzelte Quarzkörnchen, die auch schon im Dünnschliffe hervortreten.

Boghead-Kohle.

Diese kohlige Substanz, welche in England wegen ihres hohen Aschengehaltes — ich fand dieselbe schwankend von 20—30 % — nicht zu der eigentlichen Mineralkohle gerechnet wird, schliesst sich so eng und innig an die Cannelkohle an, dass man der Natur Zwang anthun

müsste, sie aus der Gruppe der eigentlichen Mineralkohlen auszuschliessen. Das Verhalten dieser Kohle ist in der schon erwähnten Abhandlung von J. Quekett so erschöpfend behandelt, dass hier darauf verwiesen werden darf. Es ist nur ergänzend hinzuzufügen, dass die im Horizontalschnitte ungefähr kreisrunden, im Querschnitte länglich runden hellgelben oder bräunlich gelben in der Mitte dunklen Ausscheidungen, wie bei der Cannelkohle angeführt wurde, i. p. L. bei gekreuzten Nicols etwas hell bleiben und eigenthümlich dunkel quergestreift erscheinen. (Taf. III Fig. 55 b. c.) In der dunkelbraunen, flasrigen Zwischenmasse, in welcher die durchsichtigen Knöllchen und Kügelchen eingebettet sind, bemerkt man einzelne wasserhelle Quarzkörnchen und hier und da kleine Trümmer mit deutlicher Pflanzentextur. Die mikroskopisch wahrnehmbaren spärlichen Pflanzenreste, welche sich in dünnen bandartigen Streifen quer durch die Masse ziehen, erinnern an wurzelähnliche Gebilde.

Die sehr starken Beimengungen von Thon- und Quarzkörnchen erschweren die nähere mikroskopische Untersuchung der Bogheadkohle in hohem Grade. Man erhält nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit, welche eine nur schwache Einwirkung ausübt, eine dicht und innigst verfilzte, flockige Masse, in welcher die rundlichen Umrisse scheiben- und kugelförmiger Körperchen in grösster Menge sich bemerkbar machen. Nur selten gelingt es durch Druck und Hin- und Herschieben des Deckgläschens solche Körperchen frei zu machen, welche sich als vollständig übereinstimmend erweisen mit den unter der Bezeichnung „Sporen" bei der Cannelkohle erwähnten Einschlüssen. (Taf. III Fig. 54.) Ausserdem sind die thonigen Flocken durchspickt von kurzen, bräunlichen Fäserchen und staubartigen Theilen, die augenscheinlich von zerfallenem Pflanzengewebe abstammen. Endlich machen auch algenartige Räschen, wie bei der Cannelkohle, einen sehr beträchtlichen Theil der Kohle aus. Sie

scheinen den meisten hellfarbigen Ausscheidungen zur Grundlage zu dienen. (Taf. III Fig. 55.) Die weisse Asche bildet eine zusammenhängende, in dünnen Schichten geblätterte und spaltbare Masse von dem Umfange des eingeäscherten Kohlenstückchens und besteht ausser ungefähr 16% Thonerde, Spuren von Kalkerde und Alkalien im Uebrigen aus Kieselsäure. Kurze, gestreifte Fäserchen lassen sich als Abkömmlinge von Pflanzentheilen deuten.

Nach dem allgemeinen Verhalten der Bogheadkohle ist es ausser Frage gestellt, dass sie als eine durch reichliche erdige Beimengungen stark verunreinigte Cannelkohle aufgefasst werden muss und eine Uebergangsform zu Brandschiefer darstellt. In dem sogenannten Lebertorf Ostpreussens haben wir eine mit der Bogheadkohle auffallend analoge Bildung vor uns.

Tasmanit.

Eine in neuerer Zeit zur Gasbereitung vielfach selbst nach Deutschland eingeführte sogenannte Gaskohle stammt aus Vandiemensland und dürfte dem entsprechen, was man Tasmanit genannt hat. Diese kohlige Substanz ist derb, spröde, tief braunschwarz, im Strich holzbraun, auf dem muscheligen Bruch mattschimmernd, wie unpolirtes Ebenholz und im Allgemeinen vom Aussehen der Cannelkohle. Sie enthält ziemlich häufig, oft quer ziehende dünne Streifchen und Butzen einer stark spiegelnden völlig texturlosen Glanzkohle. Im Aschengehalt, den ich zu 5,6% bestimmte, nähert sie sich der Bogheadkohle und kommt darin der böhmischen Plattelkohle ziemlich gleich. Die Dünnschliffe liefern ein Bild, welches mit dem der Bogheadkohle fast genau übereinstimmt. Im Querschnitte tritt der dünngeschichtete Aufbau an der von Ansehen derben Kohle besonders deutlich hervor. Die hellgelben und röthlich braunen, durchsichtigen, kugeligen und länglich runden,

mit einem dunklen Kern versehenen Ausscheidungen liegen in einer als flasrige Streifchen dazwischen ausgebreiteten dunklen, schwach durchscheinenden Masse, in der man hier und da Spuren von Pflanzentextur wahrnimmt. Die helleren Partieen verhalten sich i. p. L. wie jene der Bagheadkohle.

Nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit erhält man einen Rückstand, ähnlich wie bei der Cannelkohle, aber ganz besonders reich an den Sporen-ähnlichen, kugeligen, halbkugeligen und scheibenförmigen Körperchen. Dazu gesellen sich spiralig gewundene Fäserchen, wie Schleuderzellen, derbere, längsgestreifte, gewundene cylindrische Gebilde (Taf. III Fig. 56) (ähnlich denen in der Cosinakohle beobachteten), vereinzelte Faserzellen und Trümmer von Faserkohle. Die algenähnlichen Räschen und Klümpchen sind gleichfalls in höchst beträchtlicher Menge vorhanden (Taf. III Fig. 57.) Die einzelnen kolbenförmigen Zweige derselben sind etwas grösser, als bei der Cannel- und Bogheadkohle und besitzen eine Art Quergliederung.

In der Asche haben sich einzelne Nadeln der anthracitischen Faserkohle erhalten; sie zeigen getüpfelte Zellen. Nebenbei sind Quarzkörnchen und spärlich verkieselte langgestreckte Zellen zu sehen.

Böhmische Plattelkohle.

Die vielfach zur Gasbereitung verwendete Plattel- oder Brettelkohle aus dem Humboldtschachte von Nürschau, durch den Reichthum an thierischen Einschlüssen[1]) in der geologischen Welt rühmlichst bekannt, bildet stellenweise eine oder mehrere Bänke in dem Hauptflötze der Pilsener Mulde. Im Allgemeinen gleicht diese Kohle der Bogheadkohle, nur besitzt sie meist eine deut-

1) Vergl. A. Fritsch, Fauna der Gaskohle und Kalksteine der Permformation Böhmens I. 1879.

lichere schichtenmässige Absonderung, und ist zuweilen sogar in dünnen Lagen geschichtet. Auch in Dünnschliffen kommt die Eigenthümlichkeit der Zusammensetzung aus sehr dünnen, flaserig welligen dunklen Streifchen mit dazwischen eingelagerten, gelblich und röthlichbraunen kugeligen oder länglich runden Ausscheidungen, welche einen dunklen Kern oder Fleck in ihrer Mitte besitzen, fast genau in derselben Weise, wie bei der Cannelkohle, zum Vorschein. (Taf. III Fig. 59 d.)

Die Substanz wird von der Bleichflüssigkeit langsam angegriffen und aufgelockert. Die Flocken, in welche die Masse sich zertheilen lässt, bestehen aus einem zähen Filz, aus körnigfasrigen und häutigen Theilchen mit reichlich dazwischen eingeschlossenen rundlichen Scheibchen, zerstreut eingebetteten Faserzellen, blattähnlichen Fetzen und ziemlich zahlreichen Nadeln von anthracitischer Faserkohle. (Taf. III Fig. 58.)

Nach der weiteren Behandlung mit Alkohol und Ammoniak zertheilen sich die Flocken leichter und es kommen nun in grosser Menge die sporenähnlichen Einschlüsse und in geradezu erstaunlicher Häufigkeit zu rundlichen Klümpchen verwachsen die algenartigen Körperchen zum Vorschein. (Taf. III Fig. 59.) Sie dürften in grösserer Menge an der Zusammensetzung der Kohlenmasse betheiligt sein als der Thon, der in kleinen Schülferchen gleichfalls sichtbar wird und Quarzkörnchen einschliesst. Die röthlich weisse, schlackig poröse Asche dieser Kohle, welche nach meiner Bestimmung 6,67 % beträgt, blättert sich sehr deutlich in dünne Schichten auf und enthält neben den erdig thonigen Bestandtheilen in grosser Menge unverbrannte Faserkohlenreste und kurzgliederige kieselige Nädelchen.

Eine äusserlich ähnliche Zwischenlage in dem Hauptflötze der Mathildenzeche bei Littiz verhält sich trotz dieser Aehnlichkeit sehr abweichend. Diese Kohle wird ziemlich leicht von der Bleichflüssigkeit zersetzt und zerfällt in kleine

Flocken, welche zahlreiche Fetzen mit maschenähnlichem Blattnetz und Stengeltheile mit langestreckten, parallel laufenden Zellen und mehr vereinzelte sporenähnliche Körperchen in sich schliesst. Sie unterscheidet sich dadurch wesentlich von der Plattelkohle und liefert ein sehr bezeichnendes Beispiel dafür, dass nicht immer einer Uebereinstimmung im äusseren Ansehen eine gleiche innere Struktur und Beschaffenheit entspricht. (Taf. III Fig. 60.)

Die an Gas ausserordentlich ausgiebige Plattelkohle aus den Gruben bei Tremosna bei Pilsen schliesst sich dagegen wieder eng an jene des Humboldtschachtes bei Nürschau an. Sie enthält nach meiner Bestimmung nur 3,5 % Asche von röthlich weisser Farbe.

Nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit ergibt die weitere Untersuchung fast genau die gleichen Resultate wie bei der Nürschauer Plattelkohle, nur bemerkt man in weit überwiegender Menge jene sporenartige Einschlüsse in höchst mannichfaltigen Formen und Grössen. (Taf. III Fig. 61 u. 62.)

Ich schliesse gleich hier die Beschreibung der Murajewna genannten Gaskohle im Kohlenfelde von Tula (Grossrussland) [1]) wegen ihrer Verwandtschaft mit den eben beschriebenen kohligen Mineralien an, obwohl sie der devonischen Schichtenreihe zugezählt wird.

Die im Aeusserlichen der Bogheadkohle etwas ähnliche Gaskohle der Zeche Tschulkowa im Gouvernement Tula zeichnet sich dadurch aus, dass sie ziemlich zahlreiche, sehr gut erhaltene, zum Theil in Glanzkohle verwandelte, zum Theil mit einem weisslichen Staub überzogene Pflanzenreste umschliesst, welche meist der Schichtung parallel liegend eine schichtenähnliche Absonderung der Kohle hervorrufen. Zuweilen nehmen diese Pflanzeneinschlüsse auch eine quer

1) Leo, Steinkohlen Centralrusslands. Petersburg 1870. S. 101.

durch die Kohle gerichtete Lage an. Die Verhältnisse, unter welchen diese Pflanzentheile sich hier in der Kohle finden, sind genau dieselben, wie wenn solche Reste in dem gewöhnlichen Kohlenschiefer eingebettet liegen. Das ist in Bezug auf die Bildungsweise dieser Kohle von Wichtigkeit, weil es beweist, dass das Bildungsmaterial auch der Kohlenmasse angeschwemmt und sedimentirt wurde. Unter diesen mit deutlich sichtbarer Pflanzentextur versehenen Einschlüssen kommen ziemlich häufig solche vor, welche sich förmlich von der Kohlensubstanz abheben und weiter untersuchen lassen. Namentlich gilt dies von den äusserst zarten rindeartigen Blättchen mit narbenartigen Löchern, welche als *Lepidodendron tenerrimum* Traus. bezeichnet werden.

Von dieser schwärzlich braunen, oft sogar röthlich braunen, der Braunkohle in Farbe mehr als der Steinkohle ähnlichen, unregelmässig schiefrigen, sehr gasreichen Substanz, welche in Splitterchen angebrannt unter russender Flamme mit einer Art Funkensprühen fortbrennt, zeigen die Dünnschliffe im Horizontal- und Vertikalschnitt ganz die zum Verwechseln gleiche Struktur wie bei der Bogheadkohle. (Taf. III Fig. 646.)

Auch die Hauptmasse hat eine ähnliche aus feinen, faserigen Körnchen und Häutchen in filzähnlicher Anhäufung bestehende Zusammensetzung, wie die Bogheadkohle (Taf. III Fig. 63). Sie enthält ähnliche Sporenkörperchen, zahlreiche Faserkohle und breit parallelstreifige Blattfragmente, dazu aber in enormer Masse rundliche Klümpchen von zweierlei Algen, eine kleinere Form, wie wir sie bisher bei der Cannel- und Bogheadkohle gefunden haben und eine verhältnissmässig sehr grosse Art mit verzweigten Aesten, welche wie aus übereinanderliegenden Uhrgläsern zusammengesetzt sich darstellen. (Taf. III Fig. 64.) Die Kohle gehört durch diese Art ihrer Zusammensetzung zu den merk-

würdigsten und interessantesten bisher bekannt gewordenen Abänderungen.

Ich erwähne hier noch die sogenannte Pseudocannelkohle Muck's (Steinkohlen-Chemie S. 39), welche eigentlich zwischen Flötz- und Cannelkohle gestellt zu werden verdient, aber erst hier angeführt wird, um einen eingehenderen Vergleich mit der letzteren Kohlenart anstellen zu können: Originalproben aus der Esskohlenflötzgruppe der Zeche: Johannes, Erbstollen Westphalen.

Die äusserlich durch den matten Schimmer, muscheligen Bruch und tiefschwarze Farbe der Cannelkohle sehr ähnliche, undeutlich streifige Substanz wird durch die Bleichflüssigkeit schwierig zersetzt, leichter nachdem sie anhaltend erhitzt worden war. Die zersetzte Masse besteht der Hauptsache nach aus sehr zerstückeltem und zerfallenem Pflanzengewebe von zum Theil anthracitischer Beschaffenheit, untermengt mit einzelnen Nadeln von Faserkohle, zusammenhängenden Stückchen langgestreckter Zellen und von ziemlich zahlreichen sogenannten Sporen. (Taf. III Fig. 65). Auch Thonflocken fehlen nicht. Ich halte diese Kohle für einen durch Sedimentirung kohliger Substanzen erzeugten Absatz.

Anthracit.

Nachdem wir bereits den fasrigen Anthracit in Form der Faserkohle, ferner den erdig staubigen Anthracit als Hauptbestandtheil der sogenannten Russkohle kennen gelernt haben, erübrigt uns noch die nähere Betrachtung des eigentlichen derben, compacten Anthracites, wie er namentlich in Pennsylvanien, Rhode Island, bei Mons, in der Tarentaise, bei Gera, am Harze, bei Landshut in Schlesien und an zahlreichen anderen Orten vorkommt, wobei jedoch die anthracitische Stangenkohle als natürlich vercokste Kohle verschiedener Art hier unberücksichtigt bleiben soll.

Der derbe Anthracit zeichnet sich, abgesehen von seinen sehr characteristischen physikalischen und chemischen Eigenschaften, von den übrigen Mineralkohlen dadurch aus, dass er meist in geschlossenen compacten Massen in den Flötzen auftritt, weder die Zerklüftung der Glanzkohle wahrnehmen lässt, noch auch einen so deutlich schichtenmässigen Aufbau zeigt, wie er bei der Mattkohle in der Regel vorkommt. Andeutungen einer gleichsam versteckten Zerklüftung fehlen ihm jedoch nicht ganz. Zuweilen tritt die Erscheinung der sogenannten Augenkohle auch bei dem Anthracit in bezeichnender Weise auf, auch finden sich, wie bei der Einäscherung und Behandlung mit Chemikalien sich ergibt, häufiger, als man vermuthen sollte, im Anthracit jene dünnen Blättchen auf den feinsten Klüftchen angesiedelter Mineralien, denen wir bei der ächten Steinkohle so häufig begegnen. Ebenso stellen sich ziemlich häufig im compacten Anthracite Lagen von anthracitischer Faserkohle theils in zerstreuten Butzen, theils in mit der versteckten Schichtung parallelen Streifchen ein, wodurch die Zusammensetzung der Anthracitflötze aus schichtenmässigen Einzellagen sich zu erkennen gibt. Auch im Aschenrückstande finden sich Spuren einer schichtenartigen Struktur der Kohle angedeutet.

Die nähere Untersuchung der Masse des compakten Anthracits unterliegt grossen Schwierigkeiten, wie sich bereits schon aus dem Verhalten der Faserkohle voraussehen lässt. Er widersteht der Einwirkung selbst der stärksten Chemikalien im hohen Grade. Durch kochende concentrirte Schwefelsäure wird er zwar nach und nach unter Bildung einer röthlichbraun gefärbten Flüssigkeit zersetzt, aber selbst in dünnsten Splitterchen nur am Rande allmählig gleichsam abgeschmolzen, ohne dass die Säure in die Masse selbst einzudringen vermag. Man erhält auf diesem Wege nur hier und da an dünnen Rändern bräunlich durchschim-

mernde Splitterchen, in denen sich eine pflanzliche Textur nicht bemerkbar macht. Bei der Behandlung des Anthracites aus Pennsylvanien mit Kaliumchlorat in Substanz und concentrirter Salpetersäure unter Anwendung von Wärme erzielt man ebenso nur eine theilweise Zersetzung, indem zwischen der weit vorwaltend unangegriffenen Masse hie und da braune durchscheinende Partieen zum Vorschein kommen, die durch weitere Behandlung mit Alkohol etwas lichter werden und in Ammoniak sich lösen. In diesen Partieen lassen sich unzweideutiges Pflanzengewebe, Pros- und Parenchymzellen, sogar sporenähnliche Körperchen (Vergl. Taf. III Fig. 66) erkennen. Es ist nicht wahrscheinlich, dass es nur Einschlüsse von Faserkohle in derbem Anthracit sind, welche auf diese Weise zersetzt wurden, weil bei der Untersuchung der mit unbewaffnetem Auge leicht unterscheidbaren Faserkohlenpartieen des Anthracites eine von der eben beschriebenen ganz abweichende Textur, nämlich eine ausschliesslich aus Prosenchym bestehende Zusammensetzung genau wie bei der Faserkohle der ächten Steinkohle, beobachtet wurde.

Ganz ähnliche Resultate ergaben sich bei der Untersuchung des Anthracits zahlreicher anderer Fundorte, nur mit dem Unterschiede, dass zuweilen neben den braunen Partieen auch völlig wasserhelle mit deutlicher Faserzellentextur zum Vorschein kamen.

Bei dem Anthracit ist weitaus die beste Methode der Untersuchung die der Einäscherung, welche bereits mit so glänzendem Erfolge von Bailey und Teschemacher[1]) in Anwendung gebracht worden ist. Ich kann diese Resultate nur bestätigen, jedoch noch hinzufügen, dass die in der Asche oft sehr wohlerhaltenen Zellen und Ge-

1) Amer. Journ. of Science and Arts, 2. Ser. I. 1846 p. 407 und II p. 420.

fässe auch hier keine Spur erlittener Zusammendrückung an sich tragen, vielmehr die cylindrischen Formen, wie sie sich bei dem Holzgewebe finden, unverändert besitzen. Daraus ist auch zu ersehen, dass die vielfach ausgesprochene Annahme, der Anthracit sei nur durch stärkeren Gebirgsdruck oder innerhalb stark verworfener Gesteinsschichten zusammengepresste, verdichtete Kohle, thatsächlich nicht begründet ist.

Da in den eingeäscherten Stückchen des Anthracits, man mag sie aus demselben herausnehmen, wo es sich gerade ergibt, immer dieselben pflanzlichen Gewebe zum Vorschein kommen, ist man wohl zur Annahme berechtigt, dass der Anthracit[1]) in gleicher Weise, wie die Flötzsteinkohle der Hauptsache nach aus Kohlensubstanz mit erhaltenem Pflanzengewebe besteht. Die Aschenrückstände sind in Salzsäure unlöslich, dagegen in Flusssäure zersetzbar und geben die Reaktion auf Kieselsäure. Kleine kolbenförmige Körperchen und dünne Blätter verhalten sich ebenso und erscheinen i. p. L. in bunten Farben.

Es sei hier eine kurze Bemerkung über den Graphit angefügt, welcher sich der Reihe der Mineralkohlen enge anschliesst. Behandelt man denselben nach den bei der Mineralkohle in Anwendung gebrachten Methoden, — diese Versuche wurden mit Graphit aus dem körnigen Kalke des Phyllits von Wunsiedel und aus dem körnigen Kalke der Gneissschichten der Umgegend von Passau vorgenommen — so treten an den zuerst durch Salzsäure aus dem körnigen Kalke gewonnenen Schuppen sehr eigenthümliche lichtere,

1) Von dem angeblich silurischen Anthracit aus Vallongo bei Oporto und aus Südschottland standen mir keine Proben zur Verfügung, ich kann über deren Natur daher auch nicht urtheilen. Ich bemerke nur, dass die Rinde eines angeblich aus silurischen Wenlockschichten von Dudley stammenden *Calamiten* durch die Bleichflüssigkeit stark angegriffen wurde. In dem Rest fand ich deutlich quergestreiftes Prosenchym (Taf. III Fig. 69).

oft sogar fast wasserhelle Streifchen hervor, durch welche die Fläche der Graphitblättchen in zahlreiche kleine Felder getheilt wird. Sie scheinen von einer Verwachsung verschieden orientirter Graphittheile zu einem Krystallaggregate herzurühren und den sogenannten Aetzfiguren zu entsprechen. Bemerkenswerth sind Formen, wie sie auf T. III Fig. 70 aus dem Graphit von Wunsiedel dargestellt sind. Sie erinnern auf das lebhafteste an die fasrige Zertheilung, welche bei den Anthraciten häufig zum Vorschein kommt.

Allgemeine Resultate.

Fasst man die Ergebnisse dieser im Vergleiche zu dem grossartigen Umfange des untersuchungsbedürftigen Materials immerhin höchst bescheidenen Versuchsreihe zusammen, so schimmert doch trotz der namhaften Lücken durch das Ganze der leuchtende Faden hindurch, welcher die sämmtlichen Mineralkohlen vom Torfe an bis zum Anthracit als eine ununterbrochen fortlaufende, ursächlich in hohem Grade verwandte und substanziell sehr ähnliche Bildung aufs engste mit einander verknüpft. Geht man von der ächten Flötzsteinkohle als der Hauptmasse und dem Mittelpunkte der gesammten Kohlenbildung aus, so ergibt sich, dass dieselbe der Hauptsache nach aus brennbaren Substanzen zusammengesetzt ist, in welcher die organische Textur der ihr zu Grunde liegenden Pflanzen durch und durch in erkennbaren Formen erhalten ist. Die Steinkohle besteht, abgesehen von den erdigen Beimengungen, aus Pflanzentheilen, welche, selbst in eine kohlige Substanz verändert, zugleich in ihren Hohlräumen und in den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Pflanzentrümmern eine anfänglich in Lösung befindliche endlich in unlöslichem Zustande übergegangene humin- oder ulminartige Masse (Carbohumin) aufgenommen hat, so dass das Ganze als amorph und

scheinbar texturlos erscheint. Dieser Prozess der Aufnahme ursprünglich löslicher kohliger Materie und der Ablagerung derselben in fester, nach und nach erhärtender Masse, den ich als Inkohlungsprozess bezeichne, vollzog sich in ganz analoger Weise, wie der Verkieselungsprocess (oder Versteinerungsprocess überhaupt) nur mit dem Unterschiede, dass nicht wie bei dem Verkieselungsprocess anfänglich gelöste und nach und nach in fester Form abgelagerte Kieselsäure, sondern die in den zusammengelagerten Pflanzenmassen reichlich vorhandene und aus einzelnen Theilen derselben in grosser Menge sich bildende huminartige Substanz abgesetzt wurde. Man muss annehmen, dass gewisse, leichter in huminartige Stoffe umwandelbare Antheile der angehäuften Pflanzen in ihrer Form und in ihrem Bestande vollständig umgeändert, von den übrig bleibenden, wahrscheinlich durch ihre mineralischen Aschentheile, besonders Kieselsäure, vor der völligen Umbildung geschützten Skelette gleichsam aufgesaugt und in Hohlräumen schliesslich durch weitere chemische Vorgänge, die noch nicht klar gestellt sind, vielleicht durch fortschreitende Oxydation wieder in fester Form abgelagert worden sind. Es besteht demnach die Steinkohle aus verschiedenen, wenn auch äusserlich sehr ähnlichen Substanzen, von welchen ein Theil dem Rest des Pflanzengewebes, der andere Theil den aufgenommenen und als Verdickungs- und Ausfüllungsmaterial verwendeten huminähnlichen, wahrscheinlich an sich selbst verschiedenen Zersetzungsmassen entspricht. Der grössere oder geringere Widerstand, welche diese in der Kohle vereinigten Substanzen der Einwirkung verschiedener Chemikalien leisten, setzt das Vorhandensein solcher verschiedenartiger kohliger Stoffe in der Steinkohle ausser allen Zweifel.

Zu diesen Inkohlungssubstanzen kann auch das benachbarte, Pflanzentheile enthaltende Nebengestein unter Vermittlung circulirenden Wassers Beiträge geliefert haben,

wie es bei dem nach Art des Treibholzes in isolirten Stammtheilen vorkommenden Gagat der Fall gewesen zu sein scheint.

Es ist an sich selbstverständlich, dass unter gewissen Umständen auch eine Ausscheidung der löslichen huminartigen Substanz selbstständig, d. h. ohne Betheiligung von Pflanzenresten und an Stellen, an welchen letztere gar nicht vorhanden sind, nicht bloss in gewissen Lagen der Kohlenflötze selbst sondern sogar auch auf Spalten und Klüften erfolgen konnte. Derartige, wirklich texturlose Kohlenmasse in selbstständigen, ausschliesslich daraus bestehenden Lagen und Streifen dürfte aber in verhältnissmässig nur untergeordneter Weise an dem Aufbau der Kohlenflötze betheiligt sein.

Die Ausbildung und Umänderung von angehäuften Pflanzen durch diesen Akt der Inkohlung ging ohne wesentlichen Einfluss von grossem Druck und hohem Wärmegrade vor sich. Die Pflanzensubstanz erlitt keine beträchtlich höhere Pressung, als etwa die sein mag, welche auf tiefere Lagen in Torfmooren durch die auflastenden Massen ausgeübt wird. Daraus erklärt sich auch der geringe Grad von Zusammengedrücktsein und von Deformationen überhaupt, welche in den Geweben der Pflanzen aller Kohlenflötze nur in sehr untergeordneter Weise wahrzunehmen sind. Ebenso wenig können erhöhter Druck und grossartige Comprimirungen als Ursachen der Entstehung verschiedener dem Anscheine nach mehr oder weniger dichter Kohlenvarietäten, wie es die Glanz- und Mattkohlen sind, gelten. Das ergibt sich einfach schon aus dem Umstande, dass diese verschiedenen Abänderungen auf demselben Flötze in vielfachen Lagen mit einander wechseln und dass die dichteste Glanzkohle selbst in der Rinde aufrechtstehender Stämme vorkommt, wo der Einfluss hohen Druckes als erzeugende Kraft geradezu ausgeschlossen ist. Selbst bei der dichtesten Kohlenart, dem

Anthracite, vermissen wir jeden Anhaltspunkt, welcher die Annahme rechtfertigen könnte, dass diejenigen Kohlenflötze oder Flötztheile, welche besonders starkem Druck ausgesetzt gewesen wären, in Anthracit verwandelt erscheinen. Denn man findet Anthracitflötze nicht bloss in den tieferen oder älteren Schichtenreihen, wie es allerdings die Regel zu sein scheint, sondern auch mitten zwischen gewöhnlichen Kohlenflötzen und sogar auch in den obersten Schichtenlagen. Ebenso wenig bewirkten grossartige Verwerfungen und Zertrümmerungen als solche die Ueberführung von gewöhnlicher Kohle in Anthracit, wie man von mancher Seite anzunehmen geneigt ist, weil selbst in den zerrissensten und am stärksten verworfenen Theilen mancher Kohlenmulden anthracitische Abänderungen in ganzen Flötzen nicht zum Vorschein kommen und in stark durch Verwerfungen gestörten Flötztheilen es nicht die dabei wirksamen Druckkräfte sind, welche die Bildung von Anthracit hätten veranlassen können, sondern vielmehr die durch die Zerreissungen entstandene Zugänglichkeit der Gesteinsmassen für Luft und Wasser, welche die Fortsetzung des Verkohlungsprocesses begünstigten. Man darf dabei nicht ausser Acht lassen, dass sehr häufig magere, schwer entzündliche Mattkohle mit Anthracit verwechselt wird. Die wahre Anthracitbildung ist nur eine fortgeschrittenere Umänderung der Pflanzenstoffe zu einer an Kohlenstoff reicheren Mineralkohle, wobei die Länge der Zeit und zeitweilig einwirkende, die Oxydation des Wasserstoffs begünstigende Verhältnisse den Haupteinfluss auf eine Kohlenablagerung im Ganzen ausgeübt zu haben scheinen.

Wenn wir im Grossen und Ganzen anzunehmen uns für berechtigt erachten, dass die Bildung der Steinkohlenmassen in der soeben angedeuteten Weise durch den Inkohlungsprocess erfolgt sei, so müssen wir doch auch noch etwas weiter auf die Einzelheiten eingehen, welche uns in den verschiedenen Abänderungen der Kohlen entgegentreten. Es ist

nicht denkbar, dass die Glanz-, Matt-, Faser-, Cannelkohle u. s. w. unter vollständig gleichen Verhältnissen entstanden sind. Wir gehen hierbei von dem complicirtesten Falle aus, nämlich dem, dass, wie es ja zuweilen thatsächlich vorkommt, diese verschiedenen Abänderungen der Kohlensubstanz auf einem gemeinschaftlichen Flötze in relativ dünnen Schichtenlagen über einander sogar wechsellagernd sich an der Zusammensetzung betheiligen.

In dieser Beziehung weisen die Resultate unserer Untersuchungen auf drei Verhältnisse hin, welche für sich und mit einander gemeinschaftlich zur Ausbildung der einen oder anderen Kohlenvarietät hauptsächlich beigetragen haben. Es sind dies:

1) Die ursprüngliche Verschiedenheit der Pflanzenarten und -Theile, aus deren Anhäufung die Kohle hervorgegangen ist,

2) der in chemischer und mechanischer Beziehung verschiedene Zustand, in welchem die Pflanzensubstanzen zur Betheiligung an der Zusammensetzung der Steinkohle gelangten, und

3) die Verschiedenartigkeit der äusseren Verhältnisse, unter welchen sich die Umbildung der Pflanzensubstanz in Mineralkohle vollzog, wobei die Einmengung mineralischer Bestandtheile sei es in Folge von Einschwemmungen, sei es in Folge von Ausscheidungen z. B. von Kieselsäure, Kalkerde u. s. w., die mehr oder weniger beschränkte Einwirkung der Luft, das Entziehen von Wasser, das Austrocknen, der Einfluss der Oberflächenwärme, die Dauer der die Umbildung befördernden Umstände, die Mächtigkeit der angehäuften Pflanzenstoffe unter Anderem besonders in Betracht zu ziehen sein möchten.

Bezüglich des Einflusses der verschiedenen Pflanzenarten und Pflanzentheile, aus deren Anhäufung die Steinkohle hervorging, ist auf die constante Verschieden-

heit, welche bei der näheren Untersuchung der verschiedenen Kohlenänderungen, wie jener der Glanz-, Matt-, und Cannelkohle nach dem Vorausgehenden sich ergeben hat, hinzuweisen. Das Vorherrschen von Rinden und Holztheilen neben den Blättern in der Glanzkohle, die Häufigkeit von Blattorganen, besonders von Epidermalgebilden, und weniger derben Pflanzentheilen in der Mattkohle, das constante Auftreten von Kügelchen und Häutchen, welche man gewöhnlich als Sporen zu bezeichnen pflegt, in geradezu erstaunlicher Häufigkeit und von algenartigen Klümpchen in den cannelkohleartigen Lagen sind unzweideutige Beweise für eine gewisse Abhängigkeit der Kohlenbeschaffenheit von der Natur der Pflanzen, aus welchen die verschiedenen Varietäten der Kohle entstanden sind. Es muss zugegeben werden, dass wir in dieser Richtung erst am Anfange einer noch weiter durchzuführenden Untersuchungsweise stehen, und dass noch vielfache Versuche zur vollständigen Lösung der Frage über das Abhängigkeitsverhältniss der Kohlensubstanz von den verschiedenen betheiligten Pflanzenarten und -Theilen ausstehen. Immerhin aber glaube ich diesen Einfluss bestimmt erkannt und nachgewiesen zu haben.

Von nicht geringem Einflusse ist weiter der Zustand, in welchem die Pflanzensubstanz vor dem eigentlichen Kohlenbildungsprocesse in den Lagen angehäuft wurde, aus welchen die Kohlenflötze zusammengesetzt sind. Am deutlichsten geht dies aus der grossartigen Betheiligung anthracitischer Faserkohle nicht bloss in Form vereinzelter Butzen und Streifen, sondern auch in zertheilten Trümmerchen und Nadelfragmenten inmitten der verschiedenen Kohlenlagen, auf deren Häufigkeit ich wiederholt aufmerksam gemacht habe, hervor. Ist es wahrscheinlich, dass die Faserkohle das eigenthümliche Produkt einer Art Vermoderung von holzartigen Pflanzentheilen an freier Luft unter dem Einflusse der Sonnenwärme und zeitweiser Austrocknung auf

der Oberfläche sei, wie sie auch jetzt noch in den Torfmooren entsteht, so muss man annehmen, dass dieser Process in grossartigstem Maassstabe zur Bildungszeit der Steinkohlen stattgefunden hat. Es ist nicht nothwendig aus ihrem Vorkommen den Schluss zu ziehen, dass sie in grosser Menge durch Beischwemmung zugeführt wurde, sie kann auch beispielsweise auf der Oberfläche torfmoorähnlicher Versumpfungen erzeugt worden sein.

Was in Betreff der Faserkohle, die wegen ihrer grossen Beständigkeit und Unveränderlichkeit so leicht und so bestimmt der direkten Beobachtung sich bemerklich macht, gilt, dürfte wohl auch von einer Reihe ähnlicher Umwandlungsprodukte von Pflanzentheilen anzunehmen sein, für deren Vorhandensein vor dem eigentlichen Inkohlungsprocess augenscheinliche Beweise schwer beigebracht werden können. Es sind nur Wahrscheinlichkeitsgründe, welche die Annahme unterstützen, dass zahlreiche zerstückelte und auseinandergefallene Gewebetheile von Pflanzen in Form kurzer, an den Enden unregelmässig stumpf abgebrochener Stäbchen und Fäserchen, sowie die fast staubartig kleinen Körnchen und zu Klümpchen oder Flocken zusammengehäuften, krümeligen Bestandtheile der Steinkohle, wie solche häufig in den cannelkohleartigen Varietäten und in der Mattkohle zu sehen sind, einem Stadium des Zerfalles vor der eigentlichen Kohlenbildung angehören. Das Vorkommen ähnlicher, offenbar aus zerfallenen Pflanzenstoffen abstammender Theilchen in der Ackererde und in jener Region der Torfmoore, in welcher die bereits abgestorbenen Pflanzentheile dem weiteren Zerfall anheimgegeben sind, berechtigt uns bis zu einem gewissen Grade, auch gewisse Verhältnisse der Kohlenbildung von einem analogen Vorgange abzuleiten. Die Zusammensetzung der cannelkohleähnlichen kohligen Substanzen ist ohne diese Voraussetzung kaum verständlich. Wir erinnern hier an die Beschaffenheit des Pyropissits, der tertiären Gas-

kohle (Falkenau) und der als Lebertorf bezeichneten, der Gaskohle vollständig ähnlichen Torfbildung, die aus einem ähnlichen, völlig zerfallenen Haufwerk von Pflanzentheilen bestehen. Ueber die Art des Zerfalls der verschiedenen Pflanzengewebe in staubähnliche Körperchen und in kleinste, pulverähnliche Körnchen lassen sich leicht unter dem Mikroskop direkte Beobachtungen anstellen und klare Einblicke augenscheinlich gewinnen, wenn man zersetzte, aber noch mit ganz deutlich erhaltener Pflanzentextur versehene, mit der Bleichflüssigkeit kurze Zeit behandelte Theile mit einem nicht fest aufliegenden Deckgläschen versehen unter das Mikroskop bringt und nun von der klaffenden Seite des Deckgläschens her einen Tropfen Ammoniak langsam vordringen lässt. Sobald die ammoniakalische Flüssigkeit die Pflanzentheile erreicht hat, beginnt die Zertheilung, indem sich unter Bildung einer bräunlichen Flüssigkeit zahlreiche kleine Körperchen, Körnchen, Fäserchen und Häutchen ablösen und nach und nach wegschwimmen, ganz ähnlich jenen, welche wir massenhaft in der Mineralkohle aufgehäuft finden.

Aber auch das gleiche Pflanzenmaterial selbst in gleichem Zustande als Substrat der Flötzbildung aufgehäuft, war in der Art seiner weiteren Umbildung und Veränderung von äusseren Verhältnissen beeinflusst, die sogar zur Entstehung verschiedenartiger Kohlenabänderungen führen konnten.

Es bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung, um zu zeigen, welch' grossen Einfluss die mehr oder weniger reichliche Beimengung mineralischer Theile auf die Beschaffenheit der Kohle auszuüben vermag. Man kennt fast in allen Kohlenrevieren Beispiele eines Schritt für Schritt zu verfolgenden Uebergangs von reinster Kohle durch Aufnahme von den Bestandtheilen des begleitenden Schieferthons erst in aschenreiche Kohle, dann in schiefrige Kohle und endlich in bituminösen Schieferthon. Wir beobachten analoge Ver-

hältnisse zuweilen an den Rändern unserer Torfmoore, wo durch eingeschwemmte sandige und thonige Theile der Torf zu unbrauchbarem Material verunreinigt wird. Dahin gehört auch die Thatsache, dass in manchen Kohlenmulden aus dem unreinen, thonigen Ausgehenden eines Kohlenflötzes nach und nach in der Tiefe eine ganz gute Kohle sich entwickeln kann. Derartige thonige Gemengtheile müssen grossen Theils als Folgen von Einschwemmungen oder Ueberschwemmungen angesehen werden.

Oft sind es solche thonigkohlige Zwischenlagen, welche die Flötze in verschiedene Bänke theilen und als Schrammittel bei der Gewinnung der Kohlen benützt werden. Verstärkt sich das Zwischenmittel im Flötz nach einer Richtung hin beträchtlich, so kann der Fall eintreten, dass sich ein Flötz in zwei, im Abbau getrennt zu haltende Flötze gabelt. Seltener kommen die Kohlenmasse durchdringende Beimengungen von Kalk, Spatheisenstein und Schwefelkies vor — abgesehen von den sekundären Ausscheidungen dieser Mineralien in dünnen Blättchen auf den feinen Klüften der Kohle —, welche als an Ort und Stelle entstandene, infiltrirte Substanzen die Kohle verunreinigen, ähnlich wie z. B. der kalkige Alm den Torf. Hierher gehört ein Theil der sogenannten versteinerten Kohlen und angebrannten Flötze, sowie die Einlagerungen von Kohleneisenstein, deren Vorkommen durch unverkennbare Rückwirkungen auf die benachbarte Kohle sich bemerkbar macht. Dies ist auch der Fall bei den mit Schwefelkies durchwachsenen Kohlen, bei welchen eine Neigung zur fasrig anthracitischen Ausbildung in den meisten Fällen zu beobachten ist.

Auch ein gewisser Einfluss der auf einer angehäuften Pflanzenmasse mehr oder weniger hoch aufgelagerten und sie belastenden Ueberdeckung kann nicht in Frage gestellt werden. Diese einfachen Pressungen und Druckkräfte dürfen aber nicht zusammengeworfen werden mit jenem unbemes-

senen sogenannten Gebirgsdruck, den man bei der Bildung der Steinkohle vielfach eine so bedeutende Rolle spielen lässt.

Wir können auch in dieser Richtung wieder auf die analogen Erscheinungen bei unseren Torfmooren verweisen, bei welchen in den tieferen Lagen eine zur gleichmässigen Beschaffenheit fortschreitende, mehr und mehr dem sogenannten Specktorf entsprechende Ausbildung der Torfmasse eintritt. Dass hierbei ausser den chemischen Momenten der längeren Durchfeuchtung und des behinderten Luftzutritts, ein gewisser Druck der höheren Lagen zum Zusammensetzen des Torfmaterials beiträgt, ist unverkennbar. Doch ist dieser Druck, wie die zum Theil hohlen, auch im Specktorf oft noch unzerdrückt erhaltenen Pflanzentheile verrathen, nicht für beträchtlich zu erachten. Aehnliche Verhältnisse des Drucks und des Einflusses auflastender Massen haben sicher auch bei der Steinkohlenbildung geherrscht und gewirkt. Es ist leicht verständlich, dass, wenn eine Anhäufung von Pflanzensubstanzen, die das Material zu einem Kohlenflötz lieferten, von einer sehr mächtigen und nur im geringen Grade von Luft und Wasser durchdringbaren thonigen Ueberdeckung überschüttet wurde, eine andere Art der Umbildung der aufgehäuften Masse stattgefunden haben wird, als in Fällen, in welchen eine nur seichte Ueberdeckung etwa mit lockerem Sand stattfand. Solche Rückwirkungen werden sich aber auf Flötze im Ganzen und auf grössere Flötzcomplexe, nicht auf einzelne Lagen oder Streifen der Flötze, wie sie im Wechsel von Glanz- und Mattkohle sich zeigen, erstreckt haben. Vielleicht erklärt sich auf diese Weise die gruppenweise Vertheilung ganzer Flötzreihen magerer oder fetter Kohle innerhalb desselben Beckens oder in verschiedenen Becken und die eigenthümliche Erscheinung, dass ein und dasselbe Flötz unter sonst gleichen Umständen streckenweise fette, streckenweise magere Kohle führt. Es lässt sich ver-

muthen, dass auch das Vorkommen von Grubengas in seiner sehr ungleichen Vertheilung auf ähnliche Ursachen einer Ueberdeckung mit von Gasen undurchdringlichem oder mit porösem Material zurückzuführen sei. Nimmt man hinzu, dass gewisse Flötze vielleicht längere Zeit nur schwach überdeckt waren, während andere in rascher Folge von mächtigen Ablagerungen überschüttet wurden, so lässt sich leicht ermessen, in wie weit auch das zeitliche Moment als mitbestimmend bei der Kohlenbildung in Betracht gezogen werden muss. Es sind dies nur einige wenige äussere Verhältnisse, welchen neben anderen Einflüssen von mehr örtlicher Bedeutung eine Rolle bei dem Kohlenbildungsprocess zugetheilt werden darf.

Durch diese Betrachtungen erscheint die grosse Mannichfaltigkeit in der Beschaffenheit und dem Verhalten der Steinkohle leichter erklärlich, wenn es auch noch weit aussteht, für jeden einzelnen Fall diese wechselnden Verhältnisse auf ganz bestimmte Ursachen zurückzuführen.

Von der Betrachtung der Beschaffenheit der Steinkohle an sich wende ich mich nun zu einer kurzen, vorläufigen [1]) Darlegung ihrer Bildung im Ganzen auf Flötzen und schichtenartigen Lagerstätten, soweit sich hierüber Anhaltspunkte aus den im Vorausgehenden mitgetheilten Untersuchungen gewinnen lassen.

Die verschiedenen Ansichten über die Entstehungsweise der Steinkohlenflötze, welche gegenwärtig mit einer gewissen Berechtigung neben einander wissenschaftliche Vertretung finden, sind zu bekannt, als dass es an dieser Stelle nöthig wäre, dieselben im Einzelnen anzuführen. Es sei nur vorausgeschickt, dass für die Annahme einer Entstehung im offenen Meere und aus Meeresalgen bei

1) Ausführlichere Mittheilungen hoffe ich in einer weiteren Abtheilung später machen zu können.

meinen Untersuchungen auch nicht der geringste Anhaltspunkt gewonnen wurde, indem alle Andeutungen von Meerespflanzen und jener kleinsten Meeresbewohner [1]), wie *Coccolithen, Foraminiferen, Radiolarien* und *Spongiennadeln*, welche in keiner analogen Meeresablagerung gänzlich fehlen, in den Steinkohlenflötzen selbst, wie in den kalkigen Zwischenlagen und zunächst sich anschliessenden Schieferschichten vermisst werden. Ich habe desshalb keine Veranlassung, auf diese Theorie, die ich als völlig haltlos erachte, weiter zurückzukommen.

Die klar vorliegende Thatsache, dass die Kohlenflötze aus wechselnden, meist sehr dünnen Lagen verschiedener Kohlenabänderungen und zum Theil selbst von kohligem Schieferthon bestehen, welche den Schichten sedimentärer Ablagerungen ausserordentlich ähnlich sind, und dass die Kohlenflötze vielfach mit unzweideutigen Sedimenten in Wechsellagerung verbunden sind, scheint beweiskräftig genug, um der Annahme, welche in neuester Zeit durch Grand' Eury die wärmste Vertretung gefunden hat, dass nämlich die Kohlenflötze als reine Anschwemmungsbildungen von ganz gleicher Entstehungsweise wie die jeder anderen sedimentären Ablagerung, anzusehen seien, gegenüber der sogenannten Torftheorie [2]) d. h. der Annahme einer Entstehung

1) Reste grösserer Thiere, welche unbestritten Meeresbewohner sind, fehlen gleichfalls, wenn man von den *Unio*-ähnlichen *Anthracosien* absieht, über deren Zugehör zu den Meeresthieren die Ansichten sehr getheilt sind. Einige wenige wirkliche Meeresmuscheln, wie *Aviculopecten* u. A. kommen höchst sporadisch vor, während ächte Landthiere in ziemlicher Menge in der Kohle sich finden.

2) Da indess auch nicht alle Torfbildung auf den gleichen Ursprung der örtlichen Aufhäufung absterbender und fortdauernder Vegetation zurückzuführen ist, ziehe ich vor, mich auf diese Theorien unter der Bezeichnung der „autochthonen" (Entstehung an Ort und Stelle) und „allochthonen" (Entstehung durch hergeführtes Niederschlagsmaterial) zu beziehen.

an Ort und Stelle nach Art der Torfmoore den Vorrang zu verschaffen.

In der That, wenn man diesen schichtenartigen Aufbau der Kohlenflötze nicht weiter mit anderen Erscheinungen in Vergleich stellt und die Frage nicht näher prüft, ob eine solche lagenweise Zusammensetzung der Kohlenflötze einzig und allein von einem sedimentären Niederschlag oder Absatz beigeschwemmten Materials herrühren könne, scheint die Gleichstellung einzelner Kohlenflötzbänkchen mit sedimentären Schichtenlagen vollständig berechtigt. Der Wichtigkeit und Bedeutung dieses stratigraphischen Momentes gegenüber erkennen die Vertreter dieser Ansicht den Gegenbeweisen für den autochthonen Ursprung der Kohle einen nur ganz geringen Werth zu. Viele der aufrechtstehenden Stämme und unzweifelhaft eingewurzelten Pflanzenstengel finden sich zwar in solchen Stellungen und oft so gehäuft bei einander, wie z. B. in den Eisenbahneinschnitten bei Neunkirchen-Saarbrücken, und in so ungestörter Verbindung mit dem Boden, auf dem sie gewachsen sind, dass — wenn auch das Vorkommen einzelner aufrechtstehender Strünke durch die Annahme einer Verschwemmung in stehender Stellung sich erklären lässt, doch diese Erscheinung im Allgemeinen nicht anders, als eine Folge der Vegetation an Ort und Stelle gedeutet werden kann. Man muss zugeben, dass dieses Vorkommen immerhin im Vergleiche zu der grossartigen Ausdehnung der Kohlenflötze ein ausnahmsweises und örtlich beschränktes ist und dass es sich durch ein zeitweises Vordringen des seeartig angestauten Wassers in die angrenzenden Sumpfwälder der Steinkohlenzeit, zum Theil auch durch einen auf dem Wasser schwimmend vegetirenden Pflanzenwuchs erklären lasse; also im Ganzen eine beschränkte Beweiskraft besitzt.

Prüfen wir aber die Frage, ob der Schichtung der Steinkohlenflötze keine andere Auslegung gegeben werden könne,

als die eines Absatzes aus im Wasser beigeschwemmten Materials, so führt uns die Analogie mit jüngeren Kohlenbildungen zu überraschenden Resultaten, auch wenn wir nur ihre stratigraphischen Verhältnisse ins Auge fassen.

Uebersprungen wir die Kohlenablagerungen der mesolithischen und eines Theils der tertiären Zeit, deren Bildung ja mit demselben Dunkel verhüllt ist, wie die der Steinkohlenflötze selbst, so gewinnen wir zunächst in den Ablagerungen der quartären Braunkohle ein ausserordentlich lehrreiches Bild der Entstehungsweise kohliger Lagerstätten. Diese Braunkohlenflötze sind sehr wohlgeschichtet, in dünnen, deutlich unterscheidbar schichtenartigen Lagen wechselnd, aus verschiedenartigen Kohlenstreifen zusammengesetzt und in sehr vielen Fällen durch zahlreiche Zwischenmittel von thoniger und sandiger Beschaffenheit in einzelne Bänke abgetheilt. Wer je derartige Kohlenflötze in dieser Beziehung einer näheren Prüfung unterzogen hat, wird darüber keinen Zweifel hegen, dass sie ebenso gut geschichtet und in Einzelbänke getheilt sich erweisen, wie die Steinkohlenflötze. Nun ist durch die Beschaffenheit der Vegetation, welche in diesen quartären Braunkohlenflötzen vertreten ist, wie durch die Art ihres Vorkommens, ihrer Lagerung und Stellung zu der benachbarten Gesteinsbildung sicher festgestellt, dass sie torfartigen Versumpfungen ihren Ursprung verdanken und dass die thonig sandigen Zwischenlagen, die sie begleiten, von zeitweiligen Ueberschwemmungen herrühren, welche sich über die Torfmoore als über die tieferen Einbuchtungen der Oberfläche am ehesten und häufigsten verbreiteten.

Gehen wir noch einen Schritt weiter zu der Kohlenbildung der Gegenwart, dem Torf über, so scheint allerdings die oberste lockere Masse des Rasentorfs nur ein wirres, ungeordnetes Gemenge vegetabilischer Abfallstoffe darzustellen. Aber nicht aller Torf bietet uns dieses Bild eines verworrenen Produktes, wie es uns scheinbar in dem Rasen- oder Moos-

torf entgegentritt. Wir müssen hier etwas näher auf die Strukturverhältnisse der Torfbildungen eingehen.

Wenn wir zu vorliegendem Zwecke zunächst absehen von den verschiedenen Modifikationen, in welche man den Torf, sei es nach seiner materiellen Beschaffenheit, sei es nach seinem Vorkommen oder der Art seiner technischen Gewinnung zu unterscheiden pflegt z. B. als Rasen-, Moos-, Gras-, Grünlands- oder Wiesen- (Darg), Haide-, Hage- oder Hochmoor-, Blätter-, Speck-, Pech-, Leber-, Stich-, Streich-, Bagger-, Schlamm-, Staub- und Seetorf u. s. w., so können wir in Bezug auf die Art seiner Entstehung zwei wesentlich verschiedene Torfmodifikationen auseinanderhalten, nämlich den an Ort und Stelle sich bildenden oder entstandenen autochthonen Moortorf und den durch Ablagerung von abgeschwemmtem pflanzlichen Detritus in Wasseranstauungen — Sümpfe, Teiche, Seen, Meeresbuchten — sedimentirten allochthonen Seetorf. Dass der letztere die Zeichen einer Sedimentbildung an sich trage, muss von vornherein vorausgesetzt werden, auch wenn er eine deutliche Schichtung nicht erkennen lässt. Er zeichnet sich überdies neben einer mehr oder weniger gleichartigen, oft scheinbar dichten Beschaffenheit meist durch die reichliche Beimengungen erdiger Theile aus und ist durch den starken Zerfall und die fortgeschrittene Umbildung der pflanzlichen Gewebetheile, die seine Masse bilden, charakterisirt. Es ist sehr beachtenswerth, dass gerade bei diesem Seetorf, wenn nicht thonige oder sandige Lagen zwischen seiner Masse abgesetzt sind, sehr häufig eine Schichtung oder lagenweise Absonderung weniger deutlich ins Auge fällt und bei manchen Sorten sogar erst mit dem Austrocknen zum Vorschein kommt. In allen Fällen zeigt sich die schichtenartige Anordnung des Materials selbst in den anscheinend dichtesten Varietäten, sobald man dünne Splitterchen im Querschnitte näher untersucht. Bei dem Moortorf bemerkt man in

sehr vielen Fällen einen deutlich lagenweisen Wechsel verschiedener Torfmassen übereinander, welche sich durch Farbe, Dichte, Zusammensetzung, verschiedene Beimengung, Einlagerungen u. s. w. bemerkbar machen. Oft sind es auch Streifen von erdigen, thonig sandigen oder kalkigen Zwischenlagen, durch welche die Anzeichen einer schichtenartigen, vertikalen Gliederung des Torfs verstärkt werden. Bei dem Specktorf begegnet man zuweilen einer bei dem Trockenwerden besonders kenntlichen Zusammensetzung aus zahlreichen dünnen Lagen und Blättern. Aber auch selbst in solchen Abänderungen, bei welchen wie im Moos- und Rasentorf Andeutungen der aus abgestorbenen Vegetationstheilen successiv übereinander gebildeten Lagen zu fehlen scheinen, kann man durch Zusammenpressen der Masse den schichtenartigen Wechsel der verschiedenen Torfgenerationen deutlich sichtbar machen. Ich verweise auf die früher angeführten (S. 127) Versuche, welche ich bei einem der anscheinend am meisten strukturlosen Moostorfe angestellt habe und durch welche selbst in diesem ungünstigsten Falle eine unzweideutige Schichtung der Torfsubstanz sichtbar gemacht wurde. Bei dem gewöhnlichen Stichtorf gelingt dies schon bei ganz geringer Comprimirung.

Man kann daher nicht annehmen, der Torf sei eine völlig ungeschichtete Masse und es könnten desshalb die aus deutlich geschichteten Einzellagen bestehenden Kohlenflötze ihrer Entstehung nach nicht mit Torflagern in Parallele gestellt werden. Es ergeben sich vielmehr bei näherer Untersuchung zwischen gewissen, bis ins Kleinste feingeschichteten und gestreiften Torfvarietäten und manchen Steinkohlenbänken so grosse Analogien, dass die Art des Gefüges der Torfmassen im Allgemeinen mehr zu Gunsten als gegen die Vergleichung der Kohlenbildung mit jener des Torfs zu sprechen scheint.

Wenn daher die Theorie der allochthonen Entstehung der Steinkohle durch Absatz von beigeschwemmtem Pflanzendetritus einzig und allein auf die Thatsache sich stützt, dass die Kohlenflötze meist — nicht alle — aus schichtenartigen Lagen zusammengesetzt sind, so kann dieselbe als fest begründet nicht anerkannt werden. Denn es lässt sich die analoge schichtenweise Zusammensetzung in den autochthonen Torflagern, in der aus Torfmasse unzweifelhaft hervorgegangenen Diluvialbraunkohle und durch die ganze lange Reihe der Braunkohlenbildungen hindurch nachweisen.

Doch darf man bei diesen Vorstellungen, welche wir uns von der Entstehung kohliger Ablagerungen machen, nicht ausser Acht lassen, sich daran zu erinnern, dass die Natur nicht Alles über einen Leist geschlagen hat. Es wird sich bei sorgfältiger Erwägung ergeben, dass, wie bei der Torfbildung der Hauptsache nach zwei verschiedene Entstehungsweisen vor Augen liegen, so sicher auch bei der Erzeugung der Mineralkohle die Natur verschiedene Wege eingeschlagen hat. Auch darf man nicht vergessen, dass jeder Vergleich der Entstehung der Steinkohlenflötze mit der Ausbildung der jetzt bestehenden Torfmoore schon von vornherein nur als theilweise zutreffend betrachtet werden muss, weil anzunehmen ist, dass die gegenwärtige, hauptsächlich aus Moosen und Sumpfgräsern bestehende Torfvegetation zur Kohlenzeit durch eine ganz anders geartete Moor- oder Sumpfvegetation ersetzt wurde.

Die Steinkohlenformation in ihren Hauptrepräsentanten und nach ihrer hauptsächlichsten Ausbreitung ist zu betrachten als eine Inlandsbildung entstanden auf weitausgedehnten Verebnungen und Vertiefungen des Festlandes und in mehr vereinzelten Fällen wohl auch auf Niederungen längs der Meeresküsten, über welche sich das Wasser zu Sümpfen ansammelte und über welche periodenweise eintretende oder

aussergewöhnliche Ueberschwemmungen grossartiges Anschüttungsmaterial ausbreiteten und in Form von Kohlenschiefer oder Kohlensandstein ablagerten. Man muss annehmen, dass zur Kohlenzeit ausgedehnte, aber noch wenig hoch aufragende Festländer weitausgebreitete Niederungen beherbergten, in welchen die Gewässer sich aufstauten und bei nur seichter Tiefe nach und nach sich in Sumpf und Morast verwandelten. Hier wucherte eine üppige Sumpfvegetation mit allen den verschiedenen Abstufungen, welche durch äussere, auf den Pflanzenwuchs Einfluss ausübende Verhältnisse bedingt waren. Hierbei dürften zunächst die Tiefe des Sumpfes, die Nähe des Trockenlandes, das zeitweise Austrocknen und das Ausgesetztsein gelegentlicher Ueberschwemmungen in Betracht zu ziehen sein. Auf den von Zeit zu Zeit eintretenden Wechsel dieser Verhältnisse ist die Verschiedenheit in den einzelnen die Kohlenflötze zusammensetzenden Lagen und Bänken zurückzuführen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass in dem zeitweisen Austrocknen der Sümpfe und in der wieder erneuerten Ueberfluthung der Gewässer eine der Hauptursachen der in vielen Flötzen streifenweisen Wechsellagerung von Glanz- und Mattkohle zu suchen ist. Dabei sind Anschwemmungen zertrümmerter und zerfallener Pflanzenstoffe von benachbarten, mit reichlicher waldähnlicher Vegetation bedeckten Anhöhen und Bergen nicht ausgeschlossen. Sie mögen sogar an geeigneten Stellen der Sümpfe das Uebergewicht erlangt und auf solche Weise der Cannel- und Bogheadkohle ähnlichen Bildungen das Dasein gegeben haben, während sie an anderen Stellen nur zu einer Zwischenlage inmitten der unter anderen Bedingungen erzeugten Kohlenbänke das Material lieferten. Es ist denkbar, dass von der Sumpfvegetation selbst der in eine Art Fäulniss übergegangene Pflanzendetritus abgeschwemmt und den unter tiefem Wasser stehenden Stellen des Sumpfs zugeführt wurde, um daselbst zu eigen-

artigen, mehr massigen, der Cannelkohle ähnlichen Ablagerungen angehäuft zu werden.

Nach einer längeren oder kürzeren Zeit relativ ruhiger Vegetation, welche das Material zu einem Kohlenflötz in seinen verschiedenen Lagen und Bänken lieferte, trat eine Periode ein, während welcher die flache, weite Sumpfniederung von Fluthen überschwemmt und von schlammig thonigem oder sandigen, dem Festlande entrissenem Material in vielfach sich wiederholenden Gesteinsschichten überlagert wurde. Dadurch wurden zwar neue Terrain- und Niveauverhältnisse geschaffen, aber es blieben doch vielfach Vertiefungen, flache Niederungen auch nach der Ueberfluthung annähernd an den gleichen Stellen, an welchen die früheren Sümpfe sich befanden und welche aufs Neue geeignet waren, das Wasser anzustauen, sich in Sumpf und Moor zu verwandeln und eine neue Kohlenflötzbildung einzuleiten. Eine wiederholte Ueberschwemmung mit Gesteinsmaterial überdeckte ein zweites Kohlenflötz. Dieser absatzweise Wechsel von Vegetations- und Ueberschwemmungsperioden wiederholte sich so oftmals, als Flötze in einem Becken übereinander gelagert vorkommen. Gestalteten sich die Verhältnisse für ein Wiederaufleben der Sumpfvegetation ungünstig, so unterblieb die Kohlenflötzbildung und es folgten ununterbrochen Gesteinsablagerungen auf Gesteinsablagerungen. Diese Vorstellung emancipirt sich vollständig von der durch keine Thatsache wahrscheinlich gemachten ruckweisen Senkung der Kohlenfelder nach jeder Kohlenflötzbildung. In wie weit hierbei Verschiebungen des Niveaus zwischen Festland und Meer mit in Betracht zu ziehen wären, möge hier vorerst unerörtert bleiben, nur darauf möchte hinzuweisen sein, dass man sich nicht vorstellen dürfte, als wären die Becken, welche wir jetzt mit Kohlengebirgsschichten von oft erstaunlicher Mächtigkeit ausgefüllt finden, gleich von Anfang an von Grund auf bis zum obersten Rand mit Wasser er-

füllt gewesen. Diese Mulden haben sich nur ganz allmählig ausgefüllt und müssen als zeitweilig mit einer relativ seichten Wasseranstauung, die sich nach und nach in immer höherem Niveau neubildete, überdeckt gedacht werden.

In vielen Kohlenbecken beginnt der Aufbau der carbonischen Gesteinsschichten in abweichender Lagerung über einem unregelmässig nivellirten Untergrunde, welcher aus weit älterem Gestein besteht, als dasjenige ist, welches in normaler Schichtenfolge der eigentlichen Steinkohlenbildung unmittelbar vorangeht — Präcarbon oder Culmschichten. Mit solchen Verhältnissen steht die im Vorausgehenden entwickelte Vorstellung der Bildung von Steinkohlenflötzen in Uebereinstimmung. Es kommen aber auch, wiewohl im Ganzen spärlicher, Fälle vor, dass in den die typischen Steinkohlenflötze begleitenden Schichten vereinzelte Meeresconchylien eingeschlossen sind, und dass die Kohlenflötze bereits in den älteren präcarbonischen oder Culmschichten wechsellagernd mit an Meeresthierüberresten reichen, zum Theil kalkigen Bänken beginnen und höher in der ächten Carbonreihe einfach weiter fortsetzen. Dies scheint mit den obigen Annahmen nicht vollständig in Einklang zu stehen.

Was den ersten Fall betrifft, so erklärt sich das Vorkommen mariner Thierversteinerungen in Schichten zwischen den Kohlenflötzen unschwer aus dem Umstande, dass, wie dies ja nicht als ausgeschlossen angenommen werden darf, hier die Sumpfniederung des Kohlenbeckens in der nächsten Nähe des Meeres sich ausbreitete und durch Einbrüche und Hochfluthen des Meeres zeitweise überströmt wurde. Auf diese Weise konnten Reste von Meerthieren in den vom Festlande abstammenden Ueberschwemmungsablagerungen eingeschlossen werden.

In Bezug auf die zwischen marinen Ablagerungen eingebetteten Kohlenflötze der Präcarbonzeit ist zunächst an gewisse Kohlenbildungen der cretacischen und tertiären

Periode zu erinnern. In den Gosauschichten beispielsweise begegnen wir einer kleinen Kohlenformation mit in der Kohle selbst eingeschlossenen brackischen Conchylien im Brandenberger Thale auf der Nordseite des Inns in Tirol. Hier weisen alle geologischen Verhältnisse auf eine streckenweise durch einmündende Flüsse brackisch gewordene Meeresbucht hin, in welcher sich, wie die Struktur des hier vorkommenden Kohlenflötzes lehrt, aus angeschwemmtem Pflanzendetritus und Treibholzstücken an sumpfiger Stelle ein nach der Mitte der Bucht sich rasch auskeilendes Kohlenlager bildete, während daneben an anderen Stellen selbst Korallenreste beherbergende Ablagerungen entstanden sind.

Unter ähnlichen Verhältnissen taucht ein Flötz vorzüglicher Pechkohle von unteroligocänem Alter am Innthalrande bei Häring unfern Kufstein in Tirol auf. Hier umschliesst das schon früher beschriebene Kohlenflötz und der zwischengelagerte bituminöse Kalk zahlreiche brackische Conchylien neben einzelnen Landschnecken und ein wahres Herbarium ausserordentlich gut erhaltener Pflanzenblätter, selbst ganze Zweige in Mitten einer durch zahlreiche Einschlüsse mariner Thierüberreste (Conchylien, Korallen, Bryozoen, Foraminiferen u. s. w.) charakterisirten Mergelablagerung. Auch in diesem Falle haben wir es mit einer Kohlenbildung in einer Meeresbucht zu thun, welche streckenweise halb ausgesüsst und an seichten Stellen in einen Sumpf verwandelt, die Abfälle einer an Ort und Stelle wachsenden Vegetation mit den von den benachbarten, mit üppigem Wald bedeckten Höhen beigeschwemmten Pflanzentrümmern in sich aufnahm und dieses gesammte Material zu einer Kohlenflötzlage umbildete.

Ein weit grossartigeres Bild einer zwischen zum Theil marinen, zum Theil brackischen Schichten eingelagerten Kohlenbildung bietet sich uns in den zahlreichen Pechkohlenflötzen der oberoligocänen Stufe in Südbayern

(Miesbach, Pensberg, Peissenberg). Hier beginnt die Molasse mit einer Reihe älterer mariner Schichten (untere Meeresmolasse). Darauf folgt die sehr mächtige, der Hauptsache nach brackische Schichtenreihe mit Mergel-, Sandstein- und Conglomeratbänken, zwischen welchen auf eine grosse Erstreckung hin über 20 Pechkohlenflötze eingebettet sich finden. Nach oben wird diese brackische Molasse gleichförmig von einer zweiten jüngeren marinen Bildung (miocäne Meeresmolasse, Muschelsandstein) überdeckt. In den Kohlenflötzen sehen wir sehr häufig Zwischenlagen von bituminösem Kalk, welcher, wie die Kohle, zahlreiche Land- und Süsswasserschneckenreste in sich schliesst. Im Dach der Flötze finden sich verhältnissmässig spärlich verkohlte Blattreste von Laubbäumen (*Quercus*, *Ficus*, *Ulmus etc.*), von Riedgräsern und Sumpfpflanzen (*Nelumbium*). Es ist nicht zweifelhaft, dass das vor dem damals noch nicht zu seiner gegenwärtigen Höhe aufragenden Alpengebirge ausgebreitete Becken zuerst mit Meerwasser erfüllt war und vielleicht durch eine entstandene Barre an der freien Verbindung mit dem Hauptmeere gehemmt, sich zur aquitanischen Zeit nach und nach halbaussüsste. In dieser brackisch gewordenen Bucht bildeten sich an den seichteren Rändern oder weniger tiefen Stellen Versumpfungen, Moore und Sumpfwälder, deren üppige Vegetation das Material zu einer Kohlenablagerung zu liefern im Stande war. Dass eine an Ort und Stelle wachsende Vegetation an der Entstehung der Kohlenflötze direkt mit betheiligt ist, wird durch die zahlreichen Wurzelreste bewiesen, welche sich im Liegenden der Kohlenflötze quer durch das mergelige Gestein ziehen. Auch stimmt mit einem autochthonen Ursprung des Kohlenmaterials das Vorkommen des zwischen- und aufgelagerten bituminösen Kalksteins, dessen Entstehung nur nach Art der Almbildung unserer jetzigen Torfmoore sich erklären lässt, gut überein. Zeitweise Ueberfluthungen, bei welchen das brackische Wasser mit seiner

Thierwelt über die Moore gedrängt wurde, bedeckten mit ihren Schlamm-, Sand- und Geröllablagerungen in periodenartigem Wechsel das angehäufte Pflanzenmaterial, das sich unter dieser Decke in Pechkohle umänderte. Unter Verhältnissen, welche, wenn auch nur ganz im Allgemeinen den eben geschilderten ähnlich gewesen sein mögen, dürften auch die präcarbonischen Kohlenflötze entstanden sein. Es sind Kohlenflötzbildungen an flachen Meeresküsten und an seichten Meeresrändern.

Häufig wird diese den jetzt noch bestehenden Verhältnissen sich anschliessende Vorstellung der in grossen Becken vor sich gehenden Kohlenflötzbildung dadurch verdunkelt und unklar gemacht, dass man sich die Entstehung der verschiedenen Kohlenflötze übereinander und in Wechsellagerung mit marinem Sediment gleichsam in ein Niveau zusammengerückt denkt, während wir es doch mit zeitlich weit auseinander liegenden und durch sehr verschiedene Ursachen veranlassten Erscheinungen zu thun haben.

Im Grossen und Allgemeinen sind die Kohlenflötze ein autochthones Erzeugniss abgestorbener, zerfallener und zersetzter Pflanzentheile, bei welchem nur untergeordnet und stellenweis Einschwemmungen wesentlich betheiligt erscheinen. Die Mineralkohle selbst aber ist keine zusammengeschmolzene, texturlose, sondern eine weit vorherrschend mit erhaltener Pflanzentextur versehene, aus dem Pflanzenreiche abstammende Masse von verschiedenartigen Kohlenstoffverbindungen.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Vorbemerkung: Alle Zeichnungen sind in einhundertmaliger Vergrösserung, mit Ausnahme der mit einem beigesetzten: × versehenen, welche in dreihundertmaliger Vergrösserung dargestellt sind, ausgeführt:

Figur 1. Kügelchen von harzähnlichen Substanzen.
„ 2. Von zahlreichen Löchern durchbrochene Blättchen aus harzartigen Substanzen.
„ 3. Grössere, hohle, von zahlreichen Löchern durchbrochene Kügelchen aus harzartigen Substanzen.
„ 4. Dünne Blättchen verschiedener Mineralien als Ausscheidungen auf den Klüftchen der Steinkohle.
„ 5. Quarzscheibchen; b, mit dem dunklen Kreuz i. p. L.
„ 6. *Sphagnum*-Blätter aus Moostorf im ursprünglichen Zustande des Torfs.
„ 7. Dieselben, nachdem die Torfmasse durch einen Druck von 20 000 Atm. zusammengepresst worden ist.
„ 8. Pollenkörner aus dem Lebertorf von Doliwen in Ostpreussen.
„ 9. Ausfüllung der Zellen mit einer huminartigen Substanz in der diluvialen Braunkohle von Mörschwyl.
„ 10. a, Pollen und b, algenartige Räschen aus der Diluvialbraunkohle von Gr.-Weil.
„ 11. Ein Blattrest aus der Diluvialbraunkohle von Möschwyl.
„ 12. Lignit aus der Braunkohle vom Imberg Graben, a, b und c im Tangential-, Hirn- und Radialschnitt.
„ 13. Derselbe nach einer Pressung unter 20 000 Atm. Druck.
„ 14. Pollen aus der Braunkohle der Grube Sattlerin in der Oberpfalz.
„ 15. Rindenstück aus dem tertiären pechkohlenartigen Lignit der Rhön.
„ 16. Tertiäre Faserkohle aus der Braunkohle des Traunthals.

Figur 17. Zusammengehäufte Pollen aus der tertiären Gaskohle von Falkenau.

„ 18. Verschiedene Sporen aus derselben Kohle.

„ 19. a, Schleuderartige Faserzellen aus dem Pyropissit von Weissenfels.
b, Pollenkörner und algenähnliche Körper aus dem Pyropissit von Sauforst in der Oberpfalz.

„ 20. Pollen und algenartige Räschen aus dem Dysodil von Rott bei Bonn.

„ 21. Pechkohlenartige Braunkohle von Prevali. a, Epidermis mit einer Spaltöffnung; b, einzelne Pollen; c, eine flockige Masse mit eingeschlossenen Pollen; d, Sporen (?) ähnliche Kügelchen.

„ 22. Alttertiäre Pechkohle der Cosina-Schichten, a, mit fasrigen Röhrchen und b, einem Klümpchen zerfallener Pflanzentheile, welche Pollen einschliessen.

„ 23. Holzgewebe aus der Braunkohle von Djiddeg am schwarzen Meere.

„ 24. Verschiedene Pflanzengewebe aus den Mattkohlenstreifchen der tertiären Pechkohle vom Peissenberg.

„ 25. Verschiedenes Holzgewebe aus den Glanzkohlenstreifchen der tertiären Pechkohle vom Peissenberg und Miesbach.

„ 26. Holzgewebe mit Markstrahlen aus der Pechkohle von Penzberg.

„ 27. Faserkohle aus der Pechkohle von Oberbayern.

„ 28. Holzzellen aus der Augenpechkohle von Penzberg.

„ 29. Gewebetheile aus einem verkohlten Stamm der Pechkohle von Miesbach.

„ 30. Holzgewebe aus einer Gagatkohle der cretacischen Schichten Schlesiens.

„ 31. Holzgewebe aus einem Liasgagat von Boll mit Markstrahlen und Harzgängen.

„ 32. Holzgewebe aus einem Liasgagat aus der Gegend von Banz bei Staffelstein, Oberfranken. a, im Dünnschliff; b, in dem Aschenrückstand; ×× sehr stark vergrössert.

Tafel II.

Figur 33. Holzgewebe aus einem Gagat des rhätischen Keupers von Taxsöldern in der Oberpfalz.

„ 34. Pflanzengewebe aus dem Gagat eines Equisetumstammes des Muschelkalk von Sennefeld (Unterfranken).

Figur 35. Pflanzengewebe aus der untercretacischen Deisterflötzkohle von Minden.

„ 36. Desgleichen aus der Stipitkohle der Liasschichten vom Pechgraben (österr. Alpen.)

„ 37. Desgleichen aus dem rhätischen Stipit des Keupers von Theta bei Bayreuth.

„ 38. (a—e) Pflanzengewebe aus den verkohlten Theilen.
a, von *Lepidophyllum*;
b, *Neuropteris acutifolia*-Blatt.

„ 39. (a—c) Desgleichen von Blattorganen eines *Lepidodendron elegans* von St. Ingbert.

„ 40. (a—d) Desgleichen aus der Glanzkohlenrinde von *Calamites Suckowi.*

„ 41. Desgleichen aus der Glanzkohlenrinde von *Lepidodendron dichotomum.*

„ 42. (a—c) Desgleichen aus der Glanzkohlenrinde von *Sigillaria hexagona*; 40, 41 und 42 stammen aus der Steinkohlengrube von St. Ingbert in der Pfalz.

„ 43. (a—u) Pflanzengewebe aus den Glanzkohlenlagen der Steinkohlenflötze von verschiedenen Becken; (v—w) aus Neuschottland.

„ 44. (a—g) Desgleichen aus den Mattkohlenlagen der Steinkohlenflötze von verschiedenen Becken.

„ 45. Desgleichen aus der postcarbonischen Steinkohle von Odenbach (Cuseler Schichten).

Tafel III.

Figur 46. (a—c) Pflanzengewebe aus der Glanzkohle der Grube Centrum.

„ 47. (a—h) Verschiedene Pflanzentheile aus der cannelkohleähnlichen Glanzkohle des Flötzes „Gneisenau" der v. Dechen Grube bei Saarbrücken: a, Parenchymzellen; b, Prosenchymzellen; c, Faserkohle; d, e, f, g sporenartige Körper; h—i, algenartige Formen; k, schleuderartige Faser.

„ 48. Aus der Augenkohle der Grube St. Ingbert.

„ 49. Aus der Zwickauer Mattkohle. a, Sporenhäufchen; b, langgestreckte Zellen.

„ 50. (a—b) Thierkohle aus dem Fischschiefer von Münsterappel in der Rheinpfalz.

„ 51. Sporenkörper aus der Cannelkohle von Wigan in England.

„ 52. Holzgewebe aus derselben.

Figur 53. Algenartige Büschel aus derselben.
„ 53 b. Dieselbe Kohle im Schnitt parallel zur Schichtung (Dünnschliff).
„ 53 c. Dieselbe Kohle im Schnitt senkrecht zur Schichtung (Querschnitt, Dünnschliff).
„ 54. (a—g) Sporenkörper aus der Bogheadkohle von Turbanhill.
„ 55. Algenartige Räschen aus derselben Kohle.
„ 55 b. Dieselbe Kohle im Schnitt parallel zur Schichtung (Dünnschliff).
„ 55 c. Dieselbe Kohle im Querschnitte (Dünnschliff).
„ 56. Gaskohle aus Tasmanien mit gewundenen, cylindrischen Fasern.
„ 57. Algenartige Räschen aus derselben Kohle.
„ 58. Algenartige Körper und cylindrische Fasern aus der sog. Plattelkohle des Humboldtschachtes von Nürschan in Böhmen (Pilsener Becken).
„ 59. a Sporenhäufchen mit Faserkohle vermengt; (b—c) einzelne sporenartige Kügelchen aus derselben Kohle.
„ 59 d. Querschnitt aus derselben Plattelkohle von Nürschan.
„ 60. Aus einer plattelkohleähnlichen Zwischenlage der Steinkohle der Mathildenzeche bei Pilsen.
„ 61. Aus der Plattelkohle von Tremosna bei Pilsen in Böhmen. Faserkohle.
„ 62. Aus derselben Kohle sporenartige Körperchen.
„ 63. Devonische Gaskohle von Tschulkowa bei Tula in Südrussland mit sporenartigem Körper und Faserkohle.
„ 64. Algenartige Räschen und Zweige aus derselben Kohle.
„ 64 b. Querschnitt aus derselben Kohle.
„ 65. Pseudocannelkohle aus der Zeche: Johannes Erbstollen in Westphalen mit sporenartigem Körper.
„ 66. (a—h) Anthracit aus Pensylvanien mit Holzgewebe nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit.
„ 67. Pflanzengewebe aus der Asche desselben Anthracits.
„ 68. Holzgewebe aus der Grobkohle von Lancashire.
„ 69. Aus der Glanzkohlenrinde eines *Calamiten* der silurischen Wenlock (?) Schichten.
„ 70. Graphitschüppchen aus dem körnigen Kalke des Phyllits von Wunsiedel.

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1883. Heft II.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1883.

In Commission bei G. Franz.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Oeffentliche Sitzung der königl. Akademie der Wissenschaften

zur Feier des 124. Stiftungstages

am 28. März 1883.

Der Secretär der mathematisch-physikalischen Classe, Herr C. v. Voit, zeigt nachstehende Todesfälle der Mitglieder an:

Die mathematisch-physikalische Classe der Akademie hat seit dem letzten Gedenktage ihrer Stiftung zahlreiche und schwere Verluste erlitten. Es sind ihr durch den Tod entrissen worden: zwei ordentliche Mitglieder, der Geh. Rath v. Kobell und der Geh. Rath v. Bischoff, ferner zwei auswärtige Mitglieder, Charles Darwin und Friedrich Wöhler, endlich zwei correspondirende Mitglieder, Joseph Decaisne und Pruner-Bey.

Franz von Kobell.

Die mathematisch-physikalische Classe betrauert zunächst den am 11. November 1882 erfolgten Tod ihres verdienten, in weiten Kreisen bekannten und beliebten Classensecretärs, des Geh. Raths Dr. Franz Wolfgang Ritter von Kobell.

Kobell wurde am 19. Juli 1803 zu München als Sprosse einer angesehenen, aus der Rheinpfalz stammenden Familie, aus welcher hohe Staatsbeamte und namentlich auch tüchtige Künstler hervorgegangen waren, geboren. Im Jahre 1820 bezog der 17jährige, lebhafte und talentvolle Jüngling die altbayerische Universität Landshut, wo er bald auf das Feld seiner späteren wissenschaftlichen Thätigkeit gelenkt wurde. Er hatte das Glück, in dem berühmten Mineralogen und Chemiker Johann Nepomuk v. Fuchs, einer Zierde unserer Akademie, einen Lehrer zu finden, der ihn seinen Neigungen und Fähigkeiten gemäss zu chemischen und mineralogischen Arbeiten anregte und ihm bis zu seinem Tode ein verehrter Lehrer und getreuer Freund blieb.

Die Carriere des jungen Gelehrten, welcher durch seine reichen Kenntnisse bald die Aufmerksamkeit auf sich lenkte, war eine ungewöhnlich rasche. Schon im Jahre 1823, bevor die Verlegung der Universität von Landshut nach München stattgefunden hatte, wurde er zum Adjunkten an der mineralogischen Staatssammlung zu München, deren Conservator Fuchs geworden war, ernannt. Es bestand nämlich damals die höchst beachtenswerthe Einrichtung, den Akademikern talentvolle Zöglinge zur weiteren Ausbildung zu übergeben; diejenigen unter ihnen, welche durch wissenschaftliche Arbeiten ihre weitere Befähigung nachgewiesen hatten, wurden zu Adjunkten d. h. zu Gehilfen der Akademiker befördert, womit Ansprüche auf eine Anstellung in mittleren und höheren Schulen verbunden waren. Im Jahre 1826 wurde Kobell ausserordentlicher Professor an der mittlerweile nach München übersiedelten Universität, 1834 ordentlicher Professor der Mineralogie sowie zweiter Conservator der mineralogischen Sammlungen.

Fuchs suchte die Mineralien nicht, wie es bis dahin fast allgemein geschehen war, ausschliesslich nach äusseren, physikalischen Merkmalen zu unterscheiden und zu ordnen,

sondern er erkannte mit Anderen, wie werthvoll dafür die Kenntniss ihrer inneren Constitution, ihrer chemischen Zusammensetzung ist. Damit war der Wissenschaft eine grosse Aufgabe gegeben, an welcher sich der junge Kobell mit allem Eifer betheiligte. Eine beträchtliche Zahl chemischer Untersuchungen von Mineralien entstammten dieser ersten Zeit: er entdeckte dabei manche neue für die Classification der Mineralien wichtige Arten, stellte die genauere Zusammensetzung vieler schon bekannter Arten fest, auch gelang es ihm werthvolle durch Einfachheit und Schärfe ausgezeichnete Methoden zur chemischen Analyse der Mineralien aufzufinden.

Die dadurch gewonnenen vielfachen Erfahrungen verwendete er bei Abfassung seiner „Charakteristik der Mineralien" (1830) und besonders in seinen meisterhaften „Tafeln zur Bestimmung der Mineralien mittelst chemischer Versuche" (1833), in welchen das Auffinden und Bestimmen der Mineralien durch einfache Kennzeichen vor dem Löthrohre und auf nassem Wege gelehrt wird, ein Werkchen, das 11 Auflagen erlebte und in fast alle Sprachen civilisirter Völker übersetzt wurde. Von Bedeutung waren ferners seine „Grundzüge der Mineralogie" (1838) und „die Mineralogie, leichtfasslich dargestellt", worin er möglichst einfach und klar die Krystallographie sowie die Eigenschaften und die chemische Constitution der Mineralien darstellte; im Jahre 1878 erschien von diesem Buche die 5. Auflage. Zu der auf Veranlassung Sr. Majestät des Königs Max II. von der historischen Commission der Akademie herausgegebenen Geschichte der Wissenschaften in Deutschland schrieb Kobell die Geschichte der Mineralogie (1864).

Aber nicht nur auf dem Gebiete der Mineralchemie war Kobell thätig, er beschäftigte sich später auch mit dem Studium der physikalischen Eigenschaften der Mineralien, worin er sich nicht weniger bewandert und erfinderisch zeigte. Die prächtigen Erscheinungen, welche die Krystalle

im polarisirten Lichte darbieten, erweckten sein lebhaftes Interesse; in Folge des Studiums derselben erfand er (1855) einen einfachen, sinnreichen Apparat zur Bestimmung der Schwingungsrichtung des polarisirten Lichtes in Krystallen, das Stauroscop, welches seitdem ein unentbehrliches Hilfsmittel für den Krystallographen geworden ist. Beobachtungen über die elektrischen Eigenschaften der Mineralien führten ihn (1863) zur Herstellung eines sehr empfindlichen Elektroscops, aus Gemshaaren; zugleich mit Brewster machte er (1863) auf die Bedeutung der Aetzformen in Krystallen aufmerksam. Die Untersuchungen über Isomorphie, Dimorphie, Polymerie, die Abhandlungen zur Systematik und Nomenklatur der Mineralien, die krystallographischen Beobachtungen, sie lassen erkennen, dass Kobell das ganze Gebiet seiner Wissenschaft beherrschte. Mit der Uebertragung der neueren Richtung der Chemie auf die Mineralogie, welche Richtung durch ihre rationellen Formeln eine gewisse Vorstellung von der Struktur einer chemischen Verbindung oder von den räumlichen Lagerungsverhältnissen der Atome in derselben zu geben sucht, konnte er sich allerdings nicht mehr befreunden und er sprach sich mehrmals, aber in maassvoller Weise, gegen ein solches Beginnen aus.

Kobell war auch der Erfinder der Galvanographie (1840), eines Verfahrens „in Tuschmanier gemalte Bilder oder Zeichnungen auf galvanischem Wege so in Kupfer vertieft zu copiren, dass sie durch drückbare Platten vervielfältigt werden können", worauf er durch die Versuche Jacobi's über Galvanoplastik geführt worden war. In dieser Weise sind mehrere Uebertragungen von bekannten Stichen und Oelbildern gemacht worden, und nur die leichtere und wohlfeilere Herstellung durch die Photographie und den Lichtdruck verhinderten eine ausgedehntere Anwendung der Galvanographie. Mit seinem Freunde Steinheil hat Kobell zuerst versucht, photographische Lichtbilder zu verfertigen,

welche mit dem Datum ihrer Herstellung versehen in der physikalischen Sammlung des Staates aufbewahrt werden.

Kobell's ganze Neigung ging dahin, möglichst einfache Erklärungen der Erscheinungen zu suchen, alles Complicirte sagte seiner Natur nicht zu. Diese seine Eigenschaft trat auch besonders bei seinen Unterweisungen im Laboratorium hervor; diejenigen Schüler, welche bei ihm die Uebungen besucht hatten und ihm näher getreten waren, wissen es, wie er durch die schlichte Darstellung der Krystallographie, durch die einfache Methode zur Erkennung und Bestimmung der Mineralien das lebhafteste Interesse für die Sache zu erwecken wusste.

Uns Allen ist das biedere, offene und liebenswürdige Wesen Kobell's in freundlicher, lebhafter Erinnerung. Er ist uns ja nicht allein der Gelehrte und aufrichtige Freund gewesen, der die Wissenschaft pflegte, sondern er hat auch sich und Andere durch sein poetisches Talent zu erfreuen und zu erheben gewusst. Durch seine Bekanntschaft mit den Gesteinen erschloss sich ihm ein feines Gefühl für die Schönheiten der Natur, aber zugleich auch für die Gefühle des Volkes, seine Anschauungs- und Empfindungsweise. Jedem Pessimismus abhold, malte sich in seinen Gedanken die Welt nicht ernst und trübe, er hielt sie für schön und sah sie mit heiterem Sinne und, wo es passte, mit dem glücklichsten Humor an. Dieser seiner Stimmung wusste er im Liede wie Wenige Ausdruck zu geben, wobei nicht allein die fröhliche Laune, sondern stets auch ein tieferer Sinn hervortrat.

In den letzten Jahren alterte der sonst so rüstige Mann körperlich, gebückt und langsam ging er seine gewohnten Wege, aber er blieb frischen und jugendlichen Geistes bis an sein Ende, an der schönen Vergangenheit sich tröstend, wenn die Tage der Gegenwart ihm nicht gefallen wollten. Eine so eigenartige und erfreuende Natur wie die Kobell's, heiterer Sänger und ernster Gelehrter zu einem harmonischen

Ganzen verbunden, wird nicht mehr so bald wiederkehren. Die Akademie, welche durch seinen Weggang eine schmerzliche Lücke empfindet, wird sein Bild stets dankbar bewahren.

Es war meine Aufgabe den Gefühlen der Trauer um den verstorbenen verehrten Collegen Ausdruck zu verleihen; eine eingehende Würdigung seiner Verdienste soll durch eine von seinem Schüler Karl Haushofer im Auftrage der Akademie verfasste Denkschrift erfolgen.

Zum Gedächtniss für den am 5. Dezember 1882 gestorbenen Geh. Rath v. Bischoff, den berühmten Anatomen und Physiologen, wird eine besondere Rede von seinem Nachfolger im Amte, Herrn Kupffer, bei der nächstjährigen Stiftungsfeier gehalten werden.

Charles Darwin.

Am 19. April 1882 starb im 74. Lebensjahre ein Gelehrter, der auf seinem einsamen Landsitze still und unablässig beobachtend und denkend eine mächtige geistige Bewegung nicht nur in den engen Kreisen der Fachgenossen, sondern weit darüber hinaus in der ganzen gebildeten Welt hervorgerufen hat. Wir stehen noch mitten in dieser Bewegung und es ist kaum möglich jetzt schon mit Sicherheit zu sagen, wohin dieselbe führen und was von ihr für alle Zukunft bleiben wird.

Charles Darwin wurde am 12. Februar 1809 in Shrewsbury geboren. Die äusseren Umstände waren für seine eigenartige und selbständige Entwicklung in hohem Grade günstig: die Abstammung aus einer Familie, in welcher der Sinn für die spätere Lebensaufgabe früh geweckt wurde, die in seinem Vaterlande so leicht gebotene Gelegenheit durch Reisen in

ferne Länder den Blick zu erweitern und an den mannigfaltigen Formen der Organisation zu bilden, die Anschauung der merkwürdigen Umwandlungen, welche die Thier- und Pflanzenzüchter Englands hervorgebracht hatten, die reichen materiellen Mittel, die ihn von den Sorgen um die Existenz befreiten und ihm erlaubten, alle seine Zeit in Zurückgezogenheit vom Getriebe der Welt der Forschung zu widmen und sich frei zu halten vom Lehramte, sowie von zerstreuenden Nebenbeschäftigungen und Ehrenämtern.

Darwin's Grossvater war jener als Arzt, Philosoph und Dichter hochgeachtete Erasmus Darwin (geboren 1731, gestorben 1802 in Derby), welcher in seinem Hauptwercke, der „Zoonomie" (1794), über die Entwicklung der Organismen zu immer höheren Formen durch natürliche Mittel ähnliche Ideen aussprach wie später der Franzose Lamarck. Der Vater Darwin's war der als praktischer Arzt in Shrewsbury sehr beliebte Dr. Robert Waring Darwin, von dem ebenfalls einige wissenschaftliche Arbeiten physiologischen Inhalts bekannt sind.

Nach dem ersten Unterrichte in seiner Vaterstadt bezog der junge Darwin, 16 Jahre alt, die Universität zu Edinburg und zwei Jahre später die Universität zu Cambridge. Von früher Jugend an besass er das grösste Interesse am Sammeln von allerlei Naturalien sowie an der Beobachtung der Lebensweise der wild lebenden Thiere, wesshalb ihm die Jagd besonderes Vergnügen bereitete. In Edinburg untersuchte er zum Zeitvertreib vorzüglich niedere Seethiere unter Anleitung von Dr. Grant, in Cambridge sammelte er mit Eifer Insekten, ausserdem las er mit höchstem Interesse Humboldt's Reisebeschreibungen. Ungleich weniger Freude machte ihm dagegen das Anhören der regelrechten Vorlesungen an der Universität; sie erschienen seinem ungebundenen Sinne langweilig, so dass er manche für seine späteren Arbeiten nothwendigen Studien während der Universitätszeit fast ganz

vernachlässigte z. B. die Anatomie. Nur an einen Lehrer in Cambridge schloss er sich enger an, namlich an den Professor der Botanik Henslow, der ihn auf die seinen Neigungen und Talenten entsprechende Bahn wies.

So wurde allmählich der lebhafteste Wunsch nach einer Forschungsreise in ferne Länder in ihm rege. Die beste Gelegenheit sollte sich zum Glücke bald finden. Die englische Regierung hatte ein Schiff, den Beagle, zur Aufnahme der Küsten Südamerikas bestimmt; der Kapitain des Schiffes Fitz Roy wünschte einen wissenschaftlichen Begleiter mitzunehmen und der 22jährige Darwin meldete sich unter Verzicht auf Gehalt, nur die eine Bedingung stellend, dass die von ihm gesammelten Schätze sein Eigenthum blieben.

Die fast fünfjährige Reise (1831—1836), während welcher er grosse Exkursionen in das Innere der Länder unternahm, war ausschlaggebend für Darwin's Geschick: sie war seine hohe Schule, denn sie machte ihn mit der Fülle der Formen der lebenden Wesen in den Tropen näher bekannt und lieferte seinem Geiste das Material für allgemeine Betrachtungen. Nur mit geringen Detailkenntnissen, wohl aber mit ungewöhnlicher Beobachtungsgabe ausgerüstet, trieb ihn die günstige Gelegenheit zum ersten Male zu consequenter, wissenschaftlicher Thätigkeit: mit einer seltenen Energie erweiterte er auf der Reise seine Kenntnisse durch das Studium von Büchern sowie durch Beobachtung und Untersuchung der Thier- und Pflanzenwelt. Sicherlich hat gerade der Umstand, dass sein Geist noch nicht durch wissenschaftliche Systeme gefangen war, dazu beigetragen, ihm ein selbstständiges Denken über das Gesehene zu ermöglichen.

Von der Reise in die Heimath zurückgekehrt, verlebte Darwin zunächst drei Jahre in London, dann zog er sich nach seiner Verheirathung in die Stille des Landlebens nach dem kleinen Dorfe Down bei Beckenham zurück, um dort bis an sein Ende ganz den Studien zu leben.

Schon während seiner Reise hatte sich ihm immer mehr und mehr die Berechtigung der Vorstellung der Entwicklung der Thier- und Pflanzenarten aus einigen wenigen Urformen durch natürliche Ursachen aufgedrängt; von dem Jahre 1842 an war er unablässig damit beschäftiget nach Beweisen für diese Umwandlung zu suchen, sowie die Ursachen dafür zu entdecken. Darwin's Lehre der Ursache der Artenbildung ist nicht ein rasch geborener Gedanke, sondern sie ist die Frucht einer fast zwanzigjährigen, gewissenhaften, immer auf das gleiche Ziel gerichteten Beobachtung.

Durch seine unzähligen künstlichen Züchtungsversuche an Thieren und Pflanzen kam er zu der Ueberzeugung, dass den Organismen die Fähigkeit inne wohnen müsse, durch bestimmte Einwirkungen allmählig sich abzuändern; ohne diese Möglichkeit ist selbstverständlich eine Entstehung der Arten aus wenigen einfachen Formen nicht denkbar. Diese Transformationen kommen nach ihm durch äussere Ursachen zu Stande, als deren vorzüglichste er bekanntlich das Ueberleben des Kräftigeren und Zweckmässigeren zu erkennen glaubte, welches bei der natürlichen Züchtung oder dem Kampf um's Dasein die Oberhand behalte. So findet nach ihm durch den Sieg des Besseren die Entwicklnng zu Vollkommenerem statt.

Diese Vorstellung von der Ursache der Artenbildung ist die eigentliche Theorie Darwin's, die Selektionstheorie, während man vielfach unter Darwinismus auch die Descendenzlehre versteht. Darwin's Anschauungen wurden in einer vorläufigen Mittheilung vom 1. Juli 1858 durch seine Freunde Lyell und Hooker der Linne'schen Gesellschaft in London vorgelegt. Im Jahre 1859 erschien die erste Ausgabe des Hauptwerkes Darwin's „über den Ursprung der Arten durch natürliche Zuchtwahl," welchem 1868 die beiden ersten Bände des ausführlichen Werkes über die Selektionstheorie mit sämmtlichem Beobachtungsmaterial folgten, und dann 1871

das Buch über die natürliche Abstammung des Menschen und über die geschlechtliche Zuchtwahl, in dem er den Gedanken aussprach, dass das Menschengeschlecht dem Kreise der übrigen Organisationen der Erde entstamme.

Aber auch die anderweitige wissenschaftliche Thätigkeit Darwin's, welche auf das Innigste mit seiner Hauptaufgabe zusammenhängt, ist gross genug, um ihn in der Geologie, der Botanik und der Zoologie zu einem der feinsten Beobachter und Experimentatoren zu erheben, der mehr als irgend ein Anderer die Lebensweise der Thiere und Pflanzen und namentlich die Bedingungen ihrer Fortpflanzung kannte. Im Anfange seiner Laufbahn waren es vorzüglich geologische Arbeiten, welche ihn beschäftigten, dann zoologische und zuletzt fast nur botanische.

Von seinen geologischen Werken verdienen die Untersuchungen über den Bau und die Verbreitung der Korallenriffe (1842), in denen er eine jetzt allgemein angenommene Theorie von der Entstehung dieser Riffe gibt, dann die Beobachtungen über die Geologie Südamerikas (1846) besondere Erwähnung. Auf dem Gebiete der Zoologie hat die Schrift über die fossilen und lebenden Cirripedien oder Rankenfüsser, die über den Ausdruck der Gemüthsbewegungen bei Menschen und Thieren (1872) und die über den Ursprung gewisser Instinkte (1873) hervorragende Bedeutung. Wie eifrig er sich mit der Beobachtung der Pflanzen beschäftiget hat, davon legen viele Abhandlungen, namentlich die über die Rolle, welche die Bienen bei der Befruchtung der Papilionaceen spielen, die Untersuchungen über die Einrichtungen, durch welche Orchideen vermittelst der Insekten befruchtet werden (1862), die Beschreibung der insektenfressenden Pflanzen mit einer Fülle von ingeniösen Versuchen (1875) und die Arbeit über die Kreuzung und Selbstbefruchtung der Pflanzen (1876), beredtes Zeugniss ab.

Selten hat eine wissenschaftliche Lehre so weite Kreise

bewegt und so grosses Aufsehen, namentlich in Deutschland, erregt als die Darwin's, sein Name ist fast jedem Menschen bekannt geworden und eine wahrhaft riesige Literatur sammelte sich in kurzer Zeit über den Darwinismus an. Man kann dies wohl begreifen. Zum ersten Male drang über die eigentlichen Fachkreise hinaus der Gedanke, wonach die Arten der lebenden Wesen sich aus einander entwickeln sollen. Das alte Räthsel nach dem Grund der mannigfaltigen Gestaltungen des Lebendigen auf der Erde erschien in einfacher, mechanischer Weise gelöst zu sein, ebenso die jedem Denkenden wichtige Frage nach dem Ursprung des Menschen, woher er kommt und zu was er auf Erden werden mag. Die weittragendsten Aussichten knüpften sich an die Vorstellung von der Entwicklung zu immer höherer Vollendung und von der Umbildung durch den Kampf um's Dasein an.

Gedanken und Folgerungen der Art sind für die Naturwissenschaft von hoher Bedeutung, indem sie Fragen für die Forschung geben; die Aufgabe der letzteren ist es durch Beobachtung und Versuche zuzusehen, wie weit jene richtig sind.

Die Theorie von der stetigen Entwicklung der Organismen aus einigen oder einer Urform durch natürliche Ursachen, z. B. durch Anpassung an die veränderten äusseren Lebensbedingungen oder durch den Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe, also die Transformations- oder Descendenztheorie, ist nicht von Darwin ausgegangen; diese Anschauung ist schon viel früher gehegt und vor ihm, namentlich von Lamarck in seinem Werke „Philosophie zoologique" im Jahre 1809 auf das Klarste ausgesprochen worden. Allerdings war es in Folge der Fortschritte der biologischen Wissenschaften seit Lamarck, durch die Entdeckungen in der vergleichenden Anatomie, der Entwicklungsgeschichte und der Paläontologie, möglich, diesem Gedanken eine grössere Wahrscheinlichkeit zu geben.

Darwin hat nun ganz wesentlich dazu beigetragen, die alte Lehre von der Transformation sicherer zu stellen durch seine Versuche über die Abänderungsfähigkeit der Organismen durch äussere Eingriffe und über die Vererbungsfähigkeit angeborener und erworbener Merkmale, wodurch er von dem bisherigen Wege der Beobachtung zu dem weitere Ausblicke gestattenden des Experimentes überging. Wodurch jene Abänderungsfähigkeit bedingt ist, das hat Darwin nicht untersucht, wohl aber die Ursachen, durch welche die Abänderungen hervorgebracht werden. Es ist gewiss nicht zufällig, dass gleichzeitig mit Darwin und unabhängig von ihm sein Landsmann Wallace in seinem Werke über die Bedeutung der Naturauslese die Lehre von der natürlichen Züchtung, welche dem Passendsten zum Siege verhelfe, vortrug.

Wir wissen nicht, wie lange Zeit es währen wird, bis die Frage nach der Entstehung der Arten und nach der Abstammung des Menschengeschlechtes gelöst sein wird, aber der Mensch hat das Recht und die Aufgabe, sich mit den in ihn gelegten Kräften mit diesen Problemen zu befassen, und die Wahrheit hierüber zu ergründen. Nur muss er sich sorglich hüten, das noch nicht Bewiesene für bewiesen und vorläufige Anschauungen und Wahrscheinlichkeiten für Thatsachen zu halten. Das ernstliche, reine Suchen nach der Wahrheit und die erkannte Wahrheit selbst, sie können Niemandem Schaden bringen, schlimme Folgen hat nur das zähe Festhalten an Irrthümern; die Menschheit musste schon manche lieb gewordene Vorstellung fallen lassen, aber es hat sich immer gezeigt, dass dadurch nur äusserliches Beiwerk abgeschält, der eigentliche Grund der Dinge jedoch tiefer und besser verstanden wurde.

Das bedeutungsvollste Moment von Darwin's Eingreifen in die Wissenschaft liegt unstreitig in der Anstellung der zahlreichen und geistvollen Versuche zum Nachweis der Wandelbarkeit der Art und der Abänderung derselben durch

die künstliche Zuchtwahl. Er hat dadurch die Lehre von der Descendenz neu belebt, sie vorerst zum Leitstern der biologischen Wissenschaften gemacht und zugleich einen Weg angegeben, auf dem dieselbe zu Stande kommen könnte. Wer die gewaltige Aufregung und die grossen Fortschritte, namentlich in der Botanik und der Zoologie, seit Darwin's Auftreten kennt und beachtet, wie seitdem fast allen Arbeiten auf diesen Gebieten die Idee von der natürlichen Entwicklung vom einfachsten Wesen aus zu Grunde liegt, der wird die Anregung, welche Darwin gegeben und sein Verdienst richtig würdigen.

Dieses hohe Verdienst wird ihm nicht genommen, wenn auch die von ihm angegebene Ursache für die Entstehung der Arten nicht die ausschliesslich thätige, ja nicht einmal die hauptsächliche sein sollte, wenn z. B. die räumliche Sonderung oder die Migration, wie ein verdientes Mitglied unserer Akademie mit Leopold von Buch glaubt, oder noch unbekannte Ursachen wirken. Sehen wir ja doch nicht selten, dass die aus Beobachtungen und Versuchen abgeleiteten Theorien der hervorragendsten Forscher, welche in ihrer Zeit die grösste Wirkung auf die Wissenschaft ausgeübt haben, sich später als unzulänglich herausstellen, weil eine Anzahl zur Erscheinung mitwirkender Faktoren früher noch nicht bekannt waren.

Darwin war ein echter Naturforscher, von ausgebreitetem Wissen und grösstem Scharfsinn; durch seine Bescheidenheit, seinen offenen geraden Sinn, seine Milde gegen die Gegner und das neidlose Anerkennen der Verdienste Anderer war er eine der ehrwürdigsten Gestalten. Darwin's Leib wurde in der Westminster-Abtei unter allgemeiner Theilnahme und grosser Feierlichkeit neben der Gruft Herrschel's zur Ruhe gebettet, die von ihm ausgegangene geistige Bewegung aber wirkt noch ungeschwächt fort. Die wahre Bedeutung Darwin's wird dereinst, wenn die noch hoch-

gehenden Wogen über seine Lehren sich gelegt haben werden, für jeden rein zu Tage treten. Das aber vermögen wir schon heute zu sagen, dass er im Leben unermüdlich und mit aller Kraft seines mächtigen Geistes nur die Wahrheit gesucht, und die Entscheidung der Frage nach der Entstehung der Arten der Organismen mehr gefördert hat, als bis jetzt irgend ein Anderer. —

Nach einer Todtenfeier für Darwin ist es schwierig, einem dahingeschiedenen Gelehrten, dessen Arbeiten nur einem verhältnissmässig kleinen Kreise bekannt geworden sind, ganz und voll gerecht zu werden. Es ist dies nur möglich, wenn man daran festhält, dass bei der Würdigung der Bedeutung eines Forschers für die Wissenschaft nicht entscheidet, ob die Thätigkeit desselben für den Moment weitere Kreise interessirt, Fragen allgemeiner Natur, welche ja in beständigem Wechsel begriffen sind, zufällig berührt oder auch für das menschliche Leben sofort Anwendbares und Vortheilhaftes liefert. Denn in diesem Falle wären manche Wissenszweige, wie z. B. die Mathematik, von deren Problemen die Wenigsten eine genügende Vorstellung besitzen, gegenüber manchen dem Leben näher stehenden von vorn herein sehr ungünstig gestellt. Sollte aber der Schöpfer der Methode der kleinsten Quadrate, nur weil Wenige dieses kostbare Gut zu schätzen wissen, geringere wissenschaftliche Verdienste besitzen, als ein sich mit Untersuchungen über die Abstammung des Menschengeschlechtes Beschäftigender, welche kennen zu lernen im Augenblicke für Viele von Bedeutung erscheint? Oder wäre etwa die wissenschaftliche Leistung Liebig's durch die Entdeckung des Chloroforms, welches man Anfangs für ein sehr unnöthiges Ding hielt, vielleicht grösser gewesen, wenn man sogleich die Brauchbarkeit desselben zur Schmerzstillung erkannt und Alles den Entdecker desshalb als Wohlthäter der Menschheit gepriesen hätte? Für unseren Zweck ist vielmehr nur entscheidend,

ob durch Tiefe des Gedankens, durch Vollendung der Fragestellung und des Versuchs neue Bahnen erschlossen worden sind, gleichgiltig ob dieselben alsbald in ihrer Tragweite für das menschliche Wissen gewürdiget werden können oder erst nach Jahrhunderten ihre Bedeutung auch bei der Masse gewinnen. Ein Gelehrter dieser letzteren Gattung tritt uns in Friedrich Wöhler entgegen.

Friedrich Wöhler.

Der hervorragendste der deutschen Chemiker, das älteste Mitglied der mathematisch-physikalischen Classe unserer Akademie (seit 1839), welcher für alle Zeiten als eine Leuchte der Naturwissenschaft gelten wird und der k. bayer. Akademie durch die denkwürdige Freundschaft mit ihrem unvergesslichen Mitgliede und Präsidenten Liebig ganz besonders nahe stand, ist am 23. September 1882 im 83. Lebensjahre zu Göttingen gestorben.

Mit Friedrich Wöhler ist einer der Begründer der heutigen Chemie dahingegangen: mit der reichsten Erfahrung und der feinsten Beobachtungsgabe ausgestattet, hat er in einem langen und glücklichen, nur der Arbeit gewidmeten Leben wie selten ein Anderer die Wissenschaft mit vielen wichtigen Thatsachen bereichert, von denen mehrere zum Ausgangspunkte neuer fruchtbarer Anschauungen geworden sind.

Friedrich Wöhler wurde den 31. Juli 1800 in dem kurhessischen Dorfe Eschersheim bei Frankfurt a/M. geboren. Sein Vater, August Anton Wöhler, ein allseitig gebildeter Mann, hatte sich, nach längerem Leben an einigen kleinen deutschen Höfen, in Rödelheim (1806) angekauft, woselbst er, der Landwirthschaft eifrig zugethan, sein Gut mit solchem Geschick und Erfolg bewirthschaftete, dass der Fürst Primas von Dalberg auf ihn aufmerksam wurde und ihn zu seinem

Stallmeister in Frankfurt ernannte. Dort verwaltete der Vater Wöhler zugleich die Güter einiger reicher Frankfurter Familien und war ausserdem ein höchst thätiges Mitglied gemeinnütziger Vereine und Anstalten. Wie hoch er desshalb in Ehren stand, bezeugt, dass die Stadt Frankfurt bei seinem Amtsjubiläum im Jahre 1846 ihm zum Danke die Wöhlerstiftung zur Ausbildung junger Leute des Gewerbe- und Handelsstandes gründete.

Die Neigung des jungen Wöhler für die Chemie trat wie bei seinem Freunde Liebig schon auf der Schule, die er in Rödelheim und dann in Frankfurt besuchte, hervor. Er machte dazumal schon allerlei ernsthafte chemische und physikalische Versuche und sammelte mit Eifer und Erfolg Naturobjekte, namentlich Mineralien, für welch letztere er sein ganzes Leben lang eine besondere Vorliebe behielt; seine Mineraliensammlung war reich an seltenen und schönen Stücken.

Im Alter von 20 Jahren bezog er die Universität Marburg, wo er, wie so viele ausgezeichnete Naturforscher, Medizin zu studiren begann, aber die Chemie nicht vernachlässigte. Ein Jahr darauf begab er sich nach Heidelberg, woselbst er sich, neben dem fleissigen Besuche der medizinischen Kliniken, mit Vorliebe mit chemischen Arbeiten in dem Laboratorium von Leopold Gmelin befasste; seine ersten wissenschaftlichen Untersuchungen und Publikationen über die Cyansäure waren das Resultat dieser Thätigkeit. Nachdem er in Heidelberg nach glücklich überstandenem medizinischen Examen (1823) zum Doktor der Medizin promovirt worden war, beschloss er, dem Rathe Gmelin's folgend, sich ganz dem chemischen Studium zu widmen.

Zu der damaligen Zeit war die Ausbildung in der Chemie schwieriger wie heut zu Tage. Kein öffentliches, zum Unterrichte bestimmtes Laboratorium war noch vorhanden. Einzelne Chemiker liessen zwar einen oder den anderen, Gutes ver-

sprechenden jungen Mann als Schüler in ihr meist kümmerlich genug eingerichtetes Privatlaboratorium zu. Es ist charakteristisch, dass die beiden bedeutendsten deutschen Chemiker unserer Zeit, Liebig und Wöhler, zu ihrer Ausbildung ins Ausland wandern mussten, der eine nach Paris, der andere nach Stockholm. Berzelius, damals die grösste chemische Autorität und mit den umfassendsten Kenntnissen ausgerüstet, hatte auf den jungen Wöhler besonderen Eindruck gemacht; schüchtern frug er bei dem auf der Höhe seines Ruhmes stehenden schwedischen Naturforscher an, ob er ihn in sein Laboratorium aufnehmen wolle.

Wöhler hat, schon im hohen Alter stehend, seine damaligen Erlebnisse in den „Jugenderinnerungen eines Chemikers" in überaus reizender Weise erzählt. Berzelius, dem die ersten Arbeiten Wöhler's nicht unbekannt geblieben waren und der daraus wohl das aufstrebende Talent erkannt hatte, gab in freundlichster Weise eine zusagende Antwort. Und nun macht sich der junge Mann auf die damals recht beschwerliche Reise nach Stockholm; in Lübeck, wo er sechs Wochen auf den Abgang eines kleinen Seglers warten musste, wurde er mit dem sehr unterrichteten Apotheker Kindt bekannt, bei dem er allerlei Experimente ausführte und in dessen Waschküche er in einem zur Aufbewahrung von Quecksilber dienenden eisernen Kruge nach dem eben bekannt gewordenen Verfahren von Brunner metallisches Kalium in einer für jene Zeit sehr grossen Quantität bereitete, welches er als Geschenk für Berzelius mitnahm; letzterer konnte es zur Darstellung des Siliciums, des Bors und des Zirkoniums, womit er gerade beschäftigt war, wohl verwerthen. Nach einer höchst stürmischen Seefahrt kam Wöhler Abends in Stockholm an. Kaum vermochte er am folgenden Morgen die Zeit zu erwarten, die er zu dem Besuche bei Berzelius für schicklich hielt, und mit klopfendem Herzen stand er vor der Thür der Wohnung im Hause der Akademie der

Wissenschaften, wo Berzelius selbst ihm öffnete. Man fühlt die glückliche Stimmung und die Erregung des jungen Mannes und seine reine Begeisterung für die Wissenschaft mit, wenn er in der Schilderung jener Stunde sagt: „als er mich in sein Laboratorium führte, war ich wie in einem Traume, wie zweifelnd ob es Wirklichkeit sei, mich in diesen klassischen Räumen und so am Ziele meiner Wünsche zu sehen." Und wie hat er seine Zeit benützt und sein Wissen und Können, namentlich durch mineralogisch-chemische Untersuchungen, bereichert in diesen klassischen Räumen, in welchen vor ihm Christian Gmelin, Mitscherlich und die beiden Rose, nach ihm Magnus gearbeitet hatten. Die klassischen Räume bestanden aus zwei gewöhnlichen Zimmern; zwei Tische aus Tannenholz, der eine für Berzelius, der andere für Wöhler, einige Schränke mit den Reagentien, eine Quecksilberwanne, ein Glasblasetisch und ein Spültrog, an dem die Köchin von Berzelius die Gefässe reinigte, bildeten die Einrichtung des ersten Zimmers, in dem zweiten Zimmer befanden sich die Waage und einige Schränke mit Instrumenten und Geräthschaften; in der Küche, in welcher das Essen bereitet wurde, standen das Sandbad und ein Glühofen.

Nach achtmonatlichem Aufenthalte (vom Herbst 1823 bis zur Mitte des Jahres 1824) und nach einer mit Berzelius und den beiden Brogniart's durch Schweden und Norwegen unternommenen längeren lehrreichen Reise, wobei ihn der Reichthum des Landes an seltenen Mineralien zu eifrigem Sammeln und zu geologischen Studien anlockte, nahm Wöhler schmerzlichen Abschied von seinem Lehrer. Durch die zeitraubende Uebersetzung von Berzelius' Jahresbericht und Lehrbuch ins Deutsche glaubte er dem väterlichen Freunde seine Dankbarkeit, seine Pietät an den Tag legen zu müssen. Wöhler verdankt Berzelius die mächtigste Anregung, aber auch letzterer wusste den Werth des seltenen Schülers zu schätzen: bis zum Tode von Berzelius währte die ungestörte,

durch einen ununterbrochenen Briefwechsel bezeugte Freundschaft der beiden Gelehrten.

In die Heimath zurückgekehrt wollte sich Wöhler an der Universität Heidelberg als Privatdozent für Chemie habilitiren, er erhielt aber alsbald (1824) einen Ruf an die neu errichtete städtische Gewerbeschule in Berlin.

Noch in Heidelberg veröffentlichte Wöhler eine vor seiner schwedischen Reise abgeschlossene Untersuchung, welche an seine medicinische Laufbahn erinnert. Die medizinische Fakultät der Ruperto-Carolina hatte eine Preisfrage „über den Uebergang von Materien in den Harn" gestellt und Wöhler durch eine grosse Anzahl von Versuchen an sich selbst und an Hunden den Preis davon getragen. Die Abhandlung bildet eine Zierde der von Tiedemann und den beiden Treviranus herausgegebenen Zeitschrift für Physiologie. Er fand dabei höchst merkwürdige Veränderungen von organischen Stoffen durch den Organismus wie z. B. die Verbrennung der Alkalisalze der Pflanzensäuren zu kohlensauren Salzen, die Umwandlung des rothen Butlaugensalzes in das gelbe als erstes Beispiel der reduzirenden Eigenschaft des Thierkörpers. Er sprach es bestimmt aus, dass die Bestandtheile des Harns schon im Blute vorgebildet sind und die Nieren Organe sind, welche das Blut in seiner zum Leben nothwendigen Mischung erhalten, ohne selbst irgend eine neue Materie zu erzeugen. Noch in letzter Zeit hat man durch Verfolgung des von Wöhler betretenen Weges über die Art der im Thierkörper stattfindenden chemischen Prozesse die wichtigsten Aufschlüsse erhalten.

Sieben Jahre (von 1825—1832) verblieb Wöhler in seiner Stellung zu Berlin. Es war für ihn eine schöne und fruchtbare Zeit. Zum ersten Male sah er sich im Besitze eines eigenen Laboratoriums; zugleich fand sich eine grössere Anzahl von strebsamen, gleichgesinnten Gelehrten zusammen, die im regsten Verkehre lebten: die beiden Rose, Poggen-

dorf, Magnus, Ritter, Leopold von Buch und Andere. Die bedeutendsten Entdeckungen Wöhler's entstanden in dieser Periode.

Im Jahre 1827 gelang es ihm das Metall der Thonerde, das Aluminium, darzustellen. Davy, der das Kalium und Natrium entdeckt hatte, war es nicht geglückt, das Aluminium zu gewinnen. Wöhler glaubte eine Zeit lang, man könnte vielleicht durch das neue, schwer oxydirbare, nicht rostende, so leichte und doch so feste Metall für viele Fälle das Eisen mit Erfolg ersetzen; das Aluminium fand jedoch in der Grosstechnik der kostspieligen Herstellung halber keinen Eingang. Später versuchte Napoleon III das Aluminium für die Bewaffnung der Armee zu verwenden, was bekanntlich zu der technischen Darstellung des Metalls im Grossen durch Sainte-Claire-Deville nach dem etwas modificirten Verfahren von Wöhler Veranlassung gab: aber es blieb auch bei diesem grossartigen Versuche, da es wiederum nicht gelang, die Gewinnung wesentlich wohlfeiler zu machen. Wöhler erhielt damals eine besondere Auszeichnung durch Napoleon, sowie von Deville eine beträchtliche Quantität des Metalls zum Geschenke.

Das Jahr darauf (1828) erfolgte die Entdeckung der künstlichen Bildung des Harnstoffs, welche Wöhler's Namen zu den ersten in der Naturforschung erhob. Nicht leicht hat eine neue Erkenntniss für die Entwicklung der Chemi- und für die Vorstellungen von den Vorgängen in dem Thiere und Pflanzenkörper so weittragende Folgen gehabt wie diese. Zum ersten Male war es geglückt, eine organische Verbindung aus den Grundstoffen der anorganischen Natur herzustellen und eine Einsicht in die nähere Zusammensetzung einer solchen Verbindung zu gewinnen. Wöhler's Entdeckung wirkte aber auch auf die Physiologie wie ein die Dunkelheit erhellender Blitz ein: einer der organischen Stoffe, welche man bis dahin ausschliesslich im Organismus durch

die Wirkung der geheimnissvollen Lebenskraft hatte entstehen lassen, war künstlich aus den Elementen zusammengefügt worden. Man begriff von da an, dass die bei dem Aufbaue der chemischen Verbindungen in der Organisation thätigen Ursachen keine wesentlich anderen sein konnten als die im chemischen Laboratorium verfügbaren chemischen und physikalischen Kräfte: man konnte daran gehen, diese Ursachen zu suchen, die Art der Entstehung der organischen Stoffe in den Organismen zu verfolgen. Den Chemikern und den Physiologen war damit ein weites Feld der Forschung eröffnet; in den unterdess verflossenen 55 Jahren sind tausende von organischen Verbindungen, welche nicht im Organismus vorkommen, aber auch manche weitere, im letzteren sich findende synthetisch dargestellt worden, und es zweifelt Niemand mehr daran, dass es über kurz oder lang gelingen wird, alle, auch die complicirtesten, aus den Elementen aufzubauen. Nicht ein Zufall hatte die grosse Entdeckung herbeigeführt; Wöhler verfolgte dabei einen bestimmten Gedanken und es gehörte die schärfste Beobachtungsgabe und die grösste Sachkenntniss dazu, um den Entscheid zu bringen. Und was noch bemerkenswerther ist, Wöhler deutete als strenger Naturforscher, obwohl er der Tragweite seiner Entdeckung sich vollkommen bewusst war, die sich so natürlich darbietenden Betrachtungen nur an, es erweiterten Erfahrungen über mehrere ähnliche Fälle überlassend, welche allgemeine Gesetze sich davon ableiten lassen. Es ist auch charakteristisch für ihn, dass seine die Wissenschaft so gewaltig bewegende Abhandlung nicht mehr wie vier Seiten umfasst.

Die schon bald nach der Rückkehr Wöhler's aus Schweden mit Liebig, dem in der chemischen Wissenschaft neu auftauchenden glänzenden Gestirne, in Frankfurt gemachte Bekanntschaft und spätere innige Freundschaft führte zu einer Reihe gemeinsamer Untersuchungen, welche die

Grundlagen für die Entwicklung der heutigen organischen Chemie bilden. So wie man es bei dem Tode Liebig's als ein besonders glückliches Geschick bezeichnet hat, dass er einen Lehrer wie Gay-Lussac und einen Freund wie Wöhler gefunden, so ist auch Wöhler glücklich zu preisen, in Berzelius den Lehrer und in Liebig den Freund erworben zu haben. Wöhler und Liebig waren für die Arbeiten in der organischen Chemie vorbereitet, beide waren, vorzüglich durch die Untersuchungen über das Cyan, zur Ueberzeugung gekommen, dass in den organischen Verbindungen die Elemente wie in den unorganischen in einer gewissen Ordnung und Gruppirung sich befinden; sie suchten diese Anordnung zu erkennen, indem sie die Verbindungen in zwei oder mehrere einfachere spalteten. Nach gemeinsam festgestelltem Plane arbeiteten sie, zumeist örtlich getrennt, zuerst über die Honigsteinsäure (1830), dann über die Cyansäure. Bald ergab sich ihnen aber ein weiteres fruchtbares Thema. Man hatte die Beobachtung gemacht, dass das Bittermandelöl sich an der Luft in Benzoësäure verwandelt; dies erschien von besonderem Interesse. Liebig ging gerne auf den Vorschlag Wöhler's ein, die Sache gemeinschaftlich zu verfolgen, und hatte sich bereits das nöthige Material aus Paris kommen lassen.

Da traf Wöhler ein harter Schicksalsschlag: nach kurzer Ehe starb ihm die junge Frau. Nun nimmt der Freund den tief Gebeugten und Verlassenen in sein Haus auf, er sucht ihm Trost im Leide zu bringen durch das Beste, was der Mensch besitzt, durch die geistige Arbeit, und so entstand während der gemeinsamen Trauer, das widrige Geschick überwindend, in nicht ganz vier Wochen eine der schönsten Untersuchungen, die bedeutendste der von den beiden gemeinschaftlich ausgeführten, welche alle Leser mit der grössten Freude erfüllte, die über das Radikal der Benzoësäure (1832). Sie hatten darin durch scharfsinnige Experi-

mente gezeigt, dass die complizirten organischen Verbindungen wirklich aus Gruppen unter sich verbundener Atome, aus zusammengesetzten Grundstoffen oder Radikalen bestehen, und so die Bahn gebrochen für die Erkenntniss der rationellen Zusammensetzung der organischen Stoffe.

Die Arbeit machte unter den Chemikern das grösste Aufsehen. Damals war es, wo der sonst so nüchterne Berzelius in neidloser Anerkennung ihres Werthes sie als den Anfang eines neuen Tages bezeichnete: in fast poetischer Begeisterung schlug er vor, das zuerst entdeckte aus mehr als zwei Elementen zusammengesetzte Radikal chemischer Verbindungen „Proin" (von dem Worte πρωΐ, frühmorgens, Tagesanbruch) oder „Orthrin" (von ὀρθρὸς Morgendämmerung) zu nennen. In der That, es war durch die Untersuchungen der Beiden Morgendämmerung geworden und ein neuer Tag angebrochen für die organische Chemie.

Im Winter 1836 entstand im Verein mit Liebig die ingeniöse Abhandlung über das Bittermandelöl, und einige Jahre darauf (1838) die umfassendste Untersuchung der Beiden über die Veränderungen der Harnsäure unter dem Einflusse oxydirender Mittel, welche als ein klassisches, unübertroffenes Muster für Arbeiten der Art dasteht. Es ist mir nicht zweifelhaft, dass es vorzüglich die dabei gewonnenen Erkenntnisse waren, welche Liebig befähigten, über die Metamorphose der den Thierkörper zusammensetzenden Stoffe seine das Dunkel erhellenden Ideen auszusprechen. Man muss Liebig selbst darüber hören, um den Eindruck zu ermessen, den jene Tage auf ihn gemacht haben; er äusserte sich darüber in späterer Zeit in Erinnerung daran folgender Maassen: „Ich für meinen Theil gestehe, so sonderbar es auch klingen mag, dass jeder Theil meines Nervensystems wie durch einen elektrischen Strom in eine vibrirende Bewegung gerieth, als ich mit Wöhler fand, dass die Harnsäure und alle daraus entstehenden Produkte durch die ein-

fache Zufuhr von Sauerstoff in Kohlensäure und Harnstoff zerfielen, als ein ganz bestimmter, in seiner unendlichen Einfachheit nie geahnter Zusammenhang zwischen Harnstoff und Harnsäure sich herausstellte; als die Rechnung erwies, dass Allantoin, der stickstoffhaltige Bestandtheil des Harns des Fötus der Kuh, die Elemente von Harnsäure und Harnstoff enthält, als es uns gelang, aus Harnsäure das Allantoin mit allen seinen Eigenschaften darzustellen. Bei unsern Arbeiten wurden über solche Dinge wenig Worte gewechselt, aber wie oft habe ich meines Freundes Augen leuchten sehen!"

Wöhler hatte im Jahre 1831 Berlin verlassen und war ohne Anstellung nach Cassel gezogen, wo er aber bald zum Lehrer der Chemie an der höheren Gewerbeschule ernannt wurde; er war damals auch Leiter einer chemischen Fabrik, wobei er sich um die chemische Technik, besonders um die Gewinnung des Nickels, Verdienste erwarb.

Im Jahre 1836 folgte er einem ehrenvollen Rufe als Professor der Chemie an Strohmeyer's Stelle an die Universität Göttingen, womit endlich sein Wunsch nach einer Wirksamkeit an einer Hochschule in Erfüllung ging. Er blieb derselben sein ganzes übriges Leben hindurch, während 46 Jahren, getreu; Göttingen darf stolz darauf sein, einen solchen Gelehrten so lange Zeit sein Eigen genannt zu haben.

Wöhler verlebte in dieser altberühmten, ruhigen, den Musen so zusagenden Universitätsstadt seine Tage in aller Stille, aber in fruchtbarster Thätigkeit. Die Vorlesungen, namentlich aber die Arbeiten im Laboratorium, seine eigenen und die seiner zahlreichen Schüler, beschäftigten ihn unablässig; bis in sein hohes Alter war er mit rastlosem Eifer täglich im Laboratorium unter seinen Schülern thätig. Eine ungemein grosse Anzahl von Untersuchungen aus der organischen und anorganischen Chemie entstanden hier, welche viele wichtige Thatsachen zu Tage förderten. Ich nenne

nur die Untersuchungen über das Bor, über Meteoreisen, über Verbindungen des Titans, über das Chinon und die merkwürdigen Beobachtungen über das Silicium, das Siliciumwasserstoffgas und andere Halogenverbindungen des Siliciums.

Zwei vortreffliche kleine Bücher, welche Wöhler für seine Schüler geschrieben, nämlich sein Grundriss der Chemie und die Mineralanalyse in Beispielen, haben die weiteste Verbreitung gefunden und zeugen, namentlich das letztere, von der Erfahrung des Verfassers in der chemischen Analyse.

Wöhler war noch der reine Gelehrte, dem die Wissenschaft über Alles ging und dessen grösste Lebensfreude es war, ihr zu dienen; in ihr suchte und fand er seinen Genuss, einen unendlich höheren als der, welchen das Streben nach reichen Einkünften und nach einer glänzenden äusseren Stellung zu geben vermag.

Trotz der grössten Erfolge in der Wissenschaft blieb sein Wesen stets einfach und bescheiden. Ebenso richtig als bestimmt war seine Auffassung der Aufgabe der Naturforschung. Niemals hat er der Spekulation Raum gegeben; seine Schlüsse ruhten auf der festen, mühsam erworbenen Grundlage der Erfahrung. Er erkannte klar, dass die Feststellung der Thatsachen das bedeutungsvollste, aber auch schwierigste Moment bei der Erkennung der Ursachen der Dinge ist. Wöhler's Errungenschaften waren zwar nur bei einem ungewöhnlichen Scharfsinn und bei tiefem Denken möglich, aber doch dünkte es ihm nicht zu gering, sich vor Allem an der Sammlung von Thatsachen, deren man ihm so viele und so werthvolle verdankt, zu betheiligen, in der festen Ueberzeugung, dass jede derselben in einer künftigen Theorie ihren Platz finden müsse, und er verschmähte es geflissentlich, durch vergängliche Hypothesen sich rasch einen glänzenden Namen zu machen. Darum ist aber auch das, was er in einem langen Leben gefunden und geboten, unverändert stehen geblieben bis auf den heutigen Tag.

Man könnte, nachdem jetzt das Leben der beiden Freunde abgeschlossen vor uns liegt, fragen, wer der Grössere von ihnen gewesen sei, Liebig oder Wöhler. Wir wollen darüber nicht streiten, sondern uns vielmehr, wie Göthe in bekannter etwas derber Art den über Schiller und ihn Hadernden zurief, darüber freuen und uns glücklich preisen, dass wir zwei solche Kerle besitzen. So verschieden ihre Anlagen auch waren, so haben sie sich doch in wunderbarer Weise ergänzt und darum so Herrliches geschaffen.

Wöhler nahm an jeder wissenschaftlichen Bestrebung den wärmsten Antheil. Wer das Glück hatte, den einfach und natürlich sich gebenden Manne zu nahen, und dabei dem Blick seines Auges, welcher sein ganzes Antlitz verschönte, zu begegnen, der hat wohl gefühlt, dass in der unscheinbaren Hülle ein seltener Geist wohnt und dass er den berühmten Forscher vor sich habe, dessen Werke uns und dem zukünftigen Geschlechte in jeder Beziehung zum leuchtenden Vorbild dienen.

Joseph Decaisne.

Am 8. Februar 1822 starb zu Paris das correspondirende Mitglied der Akademie Joseph Decaisne, Professor der Pflanzencultur am Museum in Paris, Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften in der Section für Landwirthschaft und Offizier der Ehrenlegion. Er hat sich vorzüglich auf dem Gebiete der Horticultur einen bedeutenden Namen gemacht.

Decaisne wurde zu Brüssel den 18. März 1807 geboren. Nach einer sorgfältigen Erziehung trat der 18jährige Jüngling, seiner Neigung folgend, als einfacher Gärtner in das Museum zu Paris ein, woselbst er durch seine Geschicklichkeit und durch seinen Fleiss bald die Aufmerksamkeit der Professoren, namentlich die von Adrien de Jussieu, auf sich lenkte.

Dadurch erwarb er sich zunächst (1832) die Stelle eines Assistenten an der Abtheilung für Pflanzencultur am Museum; später (1848) wurde er zum Professor der allgemeinen Landwirthschaft und der Ackerbaustatistik am Collège de France und 1851 nach dem Rücktritt von Herrn de Mirbel zum Professor der Pflanzencultur am Museum ernannt. Seit 1834 war er einer der Redacteure der Annales des sciences naturelles für deren botanischen Theil, sowie Mitarbeiter an vielen naturwissenschaftlichen und landwirthschaftlichen Zeitschriften.

Decaisne hat zahlreiche und hervorragende Arbeiten auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie und der descriptiven Botanik geliefert, vor Allem aber hat er sich durch seine praktische und wissenschaftliche Thätigkeit in der Horticultur und als Pomologe grosse Verdienste und hohes Ansehen erworben.

Von seinen rein botanischen Werken sind hervorzuheben: die Descriptio Herbarii Timorensis (1835), ein Memoire über die Familie der Lardizabaleen (1839), die Beschreibung der von Em. Botta in Arabien gesammelten Pflanzen (1843), die Monographien über die Familie der Asclepiadeen (1844), über die Algen und die Corallinen (1843), über die Entstehung der Mistel, über die Gesneraceen, über die Fieberrinde, über die Variabilität des Birnbaums und über die Pomaceen.

In Gemeinschaft mit Herrn Le Maout veröffentlichte er die Flore des jardins et des champs (1855), sowie einen mit 5500 Kupfern ausgestatteten elementaren Atlas der Botanik. Grosses Ansehen erwarb sich sein 1868 erschienenes Handbuch der descriptiven und analytischen Botanik, welches durch Joseph Hooker, den Director der Gärten zu Kew, ins Englische übersetzt wurde.

Mit besonderer Vorliebe suchte Decaisne seine botanischen Kenntnisse für die Landwirthschaft und für den Anbau von Pflanzen in Frankreich nutzbar zu machen. In

dieser Richtung schrieb er mit Péligot über die Zuckerrübe (1839), über die Geschichte der Kartoffelkrankheit (1845) und über die Krapppflanze. Seine hervorragendsten Leistungen auf dem Gebiete der Horticultur sind: der Jardin fruitier du Museum, 1858 begonnen und 1873 vollendet, ein nach Form und Inhalt gleich ausgezeichnetes Werk, und das mit seinem langjährigen Assistenten Ch. Naudin bearbeitete vierbändige Handbuch für Gartenliebhaber. Ausserdem führte er in Frankreich die Cultur der Urtica utilis, welche zur Verfertigung des indischen Nesseltuchs dient, und die der Yamswurzel ein.

Decaisne war ein Mann von strenger Rechtschaffenheit, welche seinem Charakter manchmal den Anschein der Härte gab, wesshalb er manchen Anfeindungen ausgesetzt war. Seine ausgebreiteten Kenntnisse und sein hervorragendes Administrationstalent werden der grossen Anstalt, an deren Spitze er gestellt war, seinem Vaterlande und der Wissenschaft zum bleibenden Nutzen gereichen.

Dr. Franz Pruner-Bey.

Dr. Pruner, ein aus der hiesigen medizinischen Schule hervorgegangener sehr erfahrener und gebildeter Arzt, hatte in Egypten vielfach Gelegenheit die Krankheiten des Orients kennen zu lernen und darüber genauere Mittheilungen zu machen, sowie auch fruchtbringende, ethnologische Studien zu betreiben.

Pruner wurde den 8. März 1808 zu Pfreimd in der Oberpfalz geboren. Als Studirender der Medizin trat er zu dem damaligen Kliniker v. Grossi in nähere Beziehungen, dessen Assistent er mit dem noch thätigen Geheimrath v. Gietl war. Nachdem er dahier mit Ehren den Doktorgrad erworben hatte, begab er sich zur weiteren Ausbildung

in der Medizin nach Paris. Er wurde dorten mit dem berühmten französischen Arzte Étienne Pariset näher bekannt, den die Regierung nach Egypten gesandt hatte, um den Ursprung der Pest zu suchen; derselbe regte in Pruner die Lust den Orient kennen zu lernen an und vermittelte wohl auch seine späteren Beziehungen zu Egypten. Er beabsichtigte sich eben einer Gesellschaft, welche unter der Führung des aus Regensburg gebürtigen bekannten Reisenden und Naturforschers Carl Alexander Anselm Freiherrn v. Hügel Griechenland, Palästina und Indien zum Zwecke wissenschaftlicher Forschungen bereisen wollte, anzuschliessen, als er einen Ruf als Professor der Anatomie an der medizinischen Schule zu Abuzabel bei Kairo erhielt, dem er 1831 Folge leistete.

Pruner wusste sich durch seine Kenntnisse und Energie in Egypten bald Geltung zu verschaffen und gelangte zu hohen Ehren und grossem Einflusse. Er wurde 1834 zum Direktor des Militärspitals zu Esbegyeh und 2 Jahre darauf (1836) zum Direktor der Centralspitäler zu Kairo und zu Kassr-el-Ain ernannt, als welcher er furchtbar verheerende Seuchen des Orients, die grosse Bubonenpest, Typhus- und Choleraepidemien erlebte. Durch das Vertrauen des Vicekönigs Mehemed-Ali's kam er in einer Mission nach Arabien (1835 36); später wurde er Leibarzt des Vicekönigs Abbas-Pascha mit dem Titel und Rang eines Bey. Alle wissenschaftlichen Bestrebungen in Egypten fanden in ihm stets werkthätige Unterstützung und Förderung. Eine Monographie über die Pest (1839), dann das Werk „Die Krankheiten des Orients vom Standpunkte der vergleichenden Nosologie" (1847) und das über die Cholera (1851) enthalten seine ausgedehnten Erfahrungen über diese mörderischen Epidemien.

Der talentvolle und scharf beobachtende Arzt wurde aber noch weiter durch seinen Aufenthalt im Orient und durch die reiche Gelegenheit, die sich ihm dorten darbot, allerlei Völkerschaften zu sehen, zu ethnographischen und

anthropologischen Forschungen angeregt, über die er mehrfach in Schriften berichtete. Auf Schubert's Vorschlag wurde Pruner (1838) wegen seiner tief gründenden Studien der arabischen Schriftsteller im Gebiete der Natur- und Arzneikunde," zum correspondirenden Mitgliede unserer Akademie gewählt; im Jahre 1846 hielt er in der öffentlichen Sitzung derselben eine bedeutungsvolle Rede: „über die Ueberbleibsel der alt-egyptischen Menschenrace."

Seine erschütterte Gesundheit nöthigte ihn im Jahre 1861 Egypten zu verlassen. Er begab sich nach Paris, woselbst er mit grossem Fleisse die in Egypten begonnenen anthropologischen und ethnographischen Arbeiten fortsetzte. Die anthropologische Gesellschaft zu Paris erwies ihm (1864) die Ehre, ihn zu ihrem Präsidenten zu erwählen, als welcher er in den Bulletins der Gesellschaft zahlreiche Abhandlungen veröffentlichte und sich lebhaft für prähistorische Forschungen interessirte, so z. B. für die Eröffnung phönizischer Gräber in Sardinien.

Im Jahre 1870 aus Paris vertrieben, liess er sich in Pisa nieder. Er beschäftigte sich dort besonders mit Messungen von Racenschädeln sowie mit den Sprachen der Völker bis an sein Lebensende. Der verdienstvolle und thätige Mann starb am 29. September 1882.

Seine zahlreichen Manuscripte ethnologischen und ethnographischen Inhalts mit vielen Photographien von Racenschädeln und Racenindividuen zugleich mit den Messungsresultaten an denselben hinterliess der seinem Vaterlande stets anhängliche Gelehrte der k. b. Staatsbibliothek. Sein ansehnliches Vermögen bestimmte er zu Stipendien für unbemittelte Studirende der Medizin an der Universität München. Die naturwissenschaftlichen Sammlungen des Staates besonders die zoologischen und ethnographischen hatte er schon früher mit werthvollen Geschenken bereichert.

Sitzung vom 5. Mai 1883.

Herr Brill legt eine von Herrn Braunmühl verfasste Abhandlung vor:

„Ueber die reduzirte Länge eines geodätischen Bogens und die Bildung einer Fläche, deren Normalen eine gegebene Fläche berühren".

Dieselbe wird in den „Denkschriften" erscheinen.

Herr M. v. Pettenkofer spricht:

„Ueber Vergiftung mit Leuchtgas".

Es ist eine vielfach constatirte Thatsache, dass bei einem Rohrbruch einer Leuchtgasleitung auf der Strasse Personen in den nächsten Häusern davon erkranken und selbst sterben können. Die Todesursache ist stets das im Leuchtgase enthaltene Kohlenoxyd, welches im Blute der Kranken und Todten nach der Methode von Hoppe-Seyler stets nachzuweisen ist. Am auffallendsten sind jene Fälle, in welchen Personen in Häusern erkranken oder sterben, in welche kein Zweig der Gasleitung hineingeführt ist.

Es ist ferner Thatsache, dass solche Gasrohrbrüche, welche Sommer und Winter erfolgen, sich in der Mehrzahl der Fälle stets nur während der kälteren Jahreszeit verderblich erweisen, während sie zu anderer Zeit ganz unschädlich zu sein pflegen.

Um solche Unglücksfälle verhüten zu können, ist zunächst die Frage zu beantworten, warum im Winter um so viel mehr Gas in die Häuser dringt, als im Sommer. Man führt gewöhnlich zwei Gründe dafür an: 1) dass im Winter bei der längeren Dauer der Nächte auch der höhere Druck im ganzen Röhrensystem länger anhalte, infolge dessen aus gleich grossen Oeffnungen auch mehr Gas ausströmen müsse, und 2) dass im Winter der Boden gefroren sei, und das Gas durch gefrorenen Boden nicht in die Luft im Freien entweichen könne, sondern in die Häuser hineingedrückt werde.

Beide Gründe sind nicht hinreichend, um die Vorkommnisse zu erklären.

Den ersten Grund, den länger andauernden grösseren Druck im Röhrensystem während der längeren Beleuchtungszeit im Winter anlangend muss bemerkt werden, dass derselbe nicht so maassgebend ist, wie es auf den ersten Anblick erscheinen möchte. Die Druckdifferenzen werden gewöhnlich nicht an verschiedenen Punkten des Röhrensystemes, sondern meist nur beim Austritt des Gases aus den Gasfabriken, in der Nähe der Gasbehälter beobachtet, wo allerdings zwischen Tag und Nacht grössere Differenzen bestehen. Zur Beleuchtungszeit muss beständig so viel Gas in die Rohrleitungen gelangen als Gas consumirt wird. Je weiter die Rohrleitung sich von der Gasfabrik entfernt, um so mehr muss der Gasdruck in Folge des Consumes auf dem Wege dahin abnehmen. Entfernter von der Gasfabrik gemessen sind die Druckdifferenzen zwischen Tag und Nacht nicht so gross, wie man annehmen möchte. Im hygienischen Institute Findlingsstrasse 34 in München z. B. beobachtet man an der Gasuhr am Tage gewöhnlich einen Druck von 13 mm, Nachts von 23 mm Wassersäule. Die Druckdifferenz zwischen Tag und Nacht könnte übrigens nur eine Rolle spielen, wenn die Oeffnungen, durch welche Gas ausströmt, stets gleich wären. Nun sind aber die Oeffnungen, welche bei Rohrbrüchen ent-

stehen, von sehr verschiedener Grösse, und sie sind im Winter jedenfalls nicht grösser, als im Sommer. Im Winter hat sich schon oft ein unbedeutender Rohrbruch verderblich erwiesen, während im Sommer auch grössere Rohrbrüche keinen Schaden angerichtet haben. Da die Grösse der Lecke viel mehr ausgibt, als die Differenz im Gasdrucke, so muss somit der erste Grund als ungerechtfertigt verworfen werden.

Der zweite Grund, das Gefrieren des Bodens im Winter erscheint den Gasingenieuren hinreichend, um das Vorwalten der Unglücksfälle während des Winters zu erklären, und zwar durch die Annahme, dass das aus den Röhren in den Boden ausströmende Gas durch die gefrorene Decke nicht in die Strassenluft entweichen könne, und desshalb durch die Grundmauern der Häuser in die Parterrewohnungen eindringe. Diese Annahme ist eine blosse Hypothese, die sich auf keinen experimentellen Nachweis stützen kann: untersucht man wirklich, ob z. B. der Münchner Geröllboden durch Gefrieren luftdicht wird, so findet man die Voraussetzung nicht bestätigt, wie aus den hierüber angestellten Untersuchungen von Renk[1]) hervorgeht. Gefrorener Boden widersteht wohl dem Durchgang von Schaufel und Spaten, aber nicht dem Durchgange der Luft. Es lässt sich das auch schon a priori folgern, indem man nicht annehmen kann, dass das Wasser im Boden beim Gefrieren, wo es sich wohl etwas ausdehnt, die Poren im Kies verschliessen könnte — das Eis kittet nur die festen Theilchen viel fester aneinander, als es das tropfbar flüssige Wasser thun kann. Auch die Grundmauern der Häuser sind nicht für Schaufel und Spaten durchgängig und doch dringt das Leuchtgas hindurch in einer Menge, dass es Menschen in den Wohnungen tödten kann.

Es muss demnach einen anderen Grund haben, warum im Winter das Leuchtgas leichter und mehr durch den

1) Zeitschrift für Biologie Bd. XV S. 239.

Strassenboden hindurch in die Häuser gelangt, als im Sommer. Ich habe bereits vor vielen Jahren[1]) darauf aufmerksam gemacht, dass die Häuser im Winter, wenn sie geheizt und Fenster und Thüren geschlossen sind, auf die Luft im Boden wie Saugkamine wirken, viel Grundluft aspiriren, und damit auch Leuchtgas, wenn die Grundluft damit verunreinigt ist.

So überzeugend für mich die Thatsachen waren, aus welchen ich diesen Schluss gezogen habe, so nehmen die Gasingenieure und die Polizeibehörden noch immer keine Notiz davon und versäumen, die erspriesslichen Anordnungen zur Verhinderung solcher Unglücksfälle zu treffen. Ich hielt es daher für nothwendig, dieses Ansaugen von Leuchtgas aus dem Boden durch die Häuser experimentell zu verfolgen. Dr. Bentzen aus Christiania und Dr. Welitschkowsky aus Moskau haben im hygienischen Institute darüber gearbeitet und Resultate erhalten, welche mit meiner Anschauung vollkommen übereinstimmen. Die Hauptresultate des Letzteren will ich hier kurz mittheilen, die ganze Untersuchung wird in dem von Forster, Hofmann und mir herausgegebenen Archiv für Hygiene erscheinen.

In Hofe des nördlichen Flügels des hygienischen Institutes wurde 3 m von der westlichen Wand des Gebäudes eine schmiedeiserne Röhre bis zu einer Tiefe von 1,5 m in den Boden geschlagen, die unten und oben offen war, und in diese Leuchtgas von oben eingeleitet. Um nun zu sehen, wie sich das Leuchtgas im Boden verbreitet, wurden rings um diese Röhre ebensolche Röhren bis zu gleicher Tiefe in Abständen von je 1 m eingeschlagen, aus welchen mittels Aspiratoren Luft aus dem Boden zur Untersuchung auf Leuchtgasbestandtheile genommen werden konnte. Als Reagens diente eine titrirte Lösung von Palladiumchlorür. Es ist bekannt, dass verschiedene Bestandtheile des Leuchtgases

1) Populäre Vorträge, I. Heft S. 88. Braunschweig bei Vieweg.

Palladiumchlorür zersetzen und metallisches Palladium daraus ausscheiden.

Dr. Welitschkowsky überzeugte sich an verschiedenen Stellen, dass die gewöhnliche Grundluft keine Bestandtheile enthält, welche Palladiumchlorür verändern; es durfte somit angenommen werden, dass an Stellen im Boden, wo die daraus genommene Luft Palladiumchlorür zersetzt, diese Zersetzung nur von Leuchtgasbestandtheilen herrühren konnte. Man hatte damit auch einen Maassstab, wo mehr oder weniger Leuchtgas im Boden sich findet, jenachdem durch eine gewisse Menge daraus genommener Luft mehr oder weniger metallisches Palladium ausgeschieden wurde.

Wird nun durch die im Mittelpunkte zwischen den eingeschlagenen Röhren stehende Röhre Leuchtgas eingeleitet, so verbreitet sich dasselbe bei Sommertemperatur ziemlich gleichmässig ringsum, hingegen bei Wintertemperatur, wenn es z. B. im Freien 0° C, in den nächsten beheizten Räumen im Hause 16° C. hat, nur nach dem Hause zu. Die stärkste Strömung erfolgte im Winter in der Richtung nach dem in einem Kellerraume liegenden, zur Beheizung des Institutes dienenden Dampfkessel. Luft aus Röhren, welche in entgegengesetzter Richtung eingeschlagen waren, zeigten bei dieser Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen meist gar keine, oder nur sehr unbedeutende Reaktion auf Palladiumchlorür.

Demnach scheint mir eine ergiebige Aspiration von Leuchtgas aus dem Boden in die Häuser hinein bei herrschender Temperaturdifferenz auch experimentell nachgewiesen und darf dieselbe nicht länger hygienisch unbeachtet bleiben.

Die schädlichen und tödlichen Wirkungen, welche vom eingeathmeten Leuchtgase herrühren, sind lediglich durch seinen Gehalt an Kohlenoxydgas bedingt. Max Gruber, der durch eine Reihe von Untersuchungen an Kaninchen und Hühnern die Grenze der Schädlichkeit des Kohlenoxydgases

ermittelte[1]), hat Leuchtgas, welchem das Kohlenoxyd entzogen war, in grosser Menge atmosphärischer Luft beigemischt auf Thiere wirken lassen, ohne dass diese zu Grunde gingen, während viel geringere Mengen Leuchtgas, welchem das Kohlenoxyd nicht entzogen war, sicher tödteten. Als untere Grenze für einen schädlichen Gehalt der Athemluft an Kohlenoxyd fand Gruber 0,6 bis 0,7 pro mille. Bei einem Gehalt von 1,5 pro mille treten bereits sehr entschiedene Krankheitssymptome auf, die sich steigern bei 2 bis zu 3,5 pro mille, ohne jedoch tödtlich zu werden, wenn solche Luft auch viele Stunden lang eingeathmet wird. Steigt aber der Kohlenoxydgehalt auf 4 und 5 pro mille, dann verläuft die Vergiftung sehr rapid tödtlich: es treten Krämpfe mit Opisthotonus ein und die Thiere hören bald auf zu athmen.

Gruber zieht aus seinen Beobachtungen den hygienisch sehr wichtigen Schluss: „Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass schon überraschend geringe Mengen Kohlenoxyd giftige oder schädliche Wirkungen bedingen. Es zeigt sich aber das Auffallende, dass trotz fortdauernder Zufuhr neuer Dosen des Giftes bei gleichbleibender Concentration eine Steigerung der Giftwirkung doch nur in sehr beschränktem Maasse stattfindet. In kurzer Zeit, längstens in einer Stunde, sind die Symptome zu einer gewissen Höhe entwickelt, um dann auf dieser tage- oder stundenlang annähernd gleich zu bleiben, sodass innerhalb gewisser Grenzen jeder Concentration ein bestimmter Grad der Vergiftung entspricht. Dass die Höhe der Vergiftung in der That von der Concentration und nicht von der Dauer der Einwirkung des Gases abhängt, zeigen besonders deutlich Versuche, die öfter wiederholt wurden, bei denen nach Ausbildung der Symptome von einem höheren Kohlenoxydgehalte auf einen niedrigeren herabgegangen wurde. Trotz continuirlicher Zufuhr des Giftes

1) Sitzungsberichte der math.-phys. Classe 1881, S. 201.

nehmen die Vergiftungserscheinungen doch bedeutend ab, und die Thiere erholten sich bis zu einem gewissen Grade oder auch völlig, wenn der Kohlenoxydgehalt niedrig genug wurde."

Die von Gruber ermittelten Thatsachen erklären in sehr zufriedenstellender Weise die Vorkommnisse bei Vergiftungen von Menschen durch Gas in den Häusern. Man beobachtet oft Tage lang ein Ausströmen von Gas in den Boden, ohne dass es den Bewohnern des Erdgeschosses im nächsten Hause merklich schadet. Plötzlich treten dann über Nacht deutliche Erkrankungen und selbst Todesfälle auf, die von Kohlenoxydgasvergiftung herrühren. Ich erinnere an den in der Zeitschrift für Biologie Bd. XII S. 420 von Cobelli beschriebenen Fall in Roveredo. Die Frau Caimi und ihre beiden Töchter litten seit Tagen an heftigem Kopfschmerz, welchen sie dem Stubenofen zuschrieben. Die Nacht vom 2. auf den 3. Januar 1873 heizten sie desshalb den Ofen nicht mehr wie sonst vor dem Schlafengehen Abends, und gerade in dieser Nacht wurde es aussen sehr kalt und wurden die drei Personen Morgens so von Leuchtgas vergiftet angetroffen, dass keine mit dem Leben davon kam.

Die Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen und damit der Zug der Grundluft nach dem Hause zu kann sich vermehren sowohl dadurch, dass es aussen kälter wird, als auch dass man innen mehr heizt. Nach dem Lokale, in welchem die grössere Differenz zwischen Innen- und Aussen-Temperatur ist, und zur Zeit wo diese Differenz am grössten ist, wird sich das meiste Leuchtgas ziehen.[1]) Es kann demnach bei fortdauernder Gasausströmung vorkommen, dass in einer Nacht Jemand in einem Zimmer erkrankt und sein Nachbar im nächsten Zimmer nichts spürt, und in der folgenden Nacht

1) Siehe den Fall von Stiftsdekan Enzler in meinen populären Vorträgen, I. Heft S. 111.

kann es umgekehrt sei, je nachdem das eine oder andere Zimmer gerade wärmer ist, ähnlich wie bei den Versuchen von Welitschkowsky das meiste Gas nach dem Dampfkesselhause zog.

Wie viel Leuchtgas wenigstens eine kurze Zeit lang in einem Zimmer vorhanden sein muss, um einen Menschen zu tödten, hängt wesentlich mit der Grösse und Ventilation des Zimmers zusammen, und da lässt sich nach dem Kohlenoxydgehalte des Leuchtgases, welcher allein giftig wirkt, berechnen, wie viel für ein Zimmer von bekannter Grösse nöthig ist. Man darf den Kohlenoxydgasgehalt des Steinkohlengases nach den Untersuchungen von Bunsen und Frankland durchschnittlich zu 10 Prozent annehmen.

Im vorigen Dezember starben in einem Hause in der Lindwurmstrasse in München eine Krämersfrau und ihr erwachsener Sohn während der Nacht an einer Leuchtgasvergiftung. Das Zimmer, in welchem beide Morgens todt gefunden wurden, hatte 28 km Luftraum. Um 28 km Luft mit 5 pro mille Kohlenoxyd zu mischen, genügen 1,44 km Steinkohlengas.

Man sieht daraus, wie viel Unheil man mit einer geringen Menge Leuchtgas anrichten kann.

Die technischen Vornahmen und die polizeilichen Verordnungen, die bei Entdeckung solcher Gasausströmungen auf der Strasse zur Anwendung kommen, sind sämmtlich ungenügend, wenn die Menge des ausströmenden Gases und die Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen einigermassen gross sind. Ein radikales Mittel kann ich nur in der Aufhebung des Zuges des Leuchtgases nach dem Hause hin erblicken, welche leicht durch Oeffnung der Kellerfenster und der Fenster im Erdgeschosse der bedrohten Häuser zu erzielen ist. Bei einigermassen geöffneten Fenstern drückt die äussere schwerere Atmosphäre nicht mehr durch den Boden durch in die Häuser und nimmt das im Boden befind-

liche Leuchtgas mit, sondern sie strömt direkt durch die Fenster ein, und verdünnt das unvermeidlich sich beimischende Leuchtgas bis zum Grade der Unschädlichkeit. Es ist zu wünschen, dass unsere Behörden und die Gasingenieure künftig in dieser Richtung vorgehen, um Leben und Gesundheit der Einwohner von mit Gas beleuchteten Städten mehr als bisher zu schonen.

Herr L. Radlkofer sprach:

„Ueber den systematischen Werth der Pollenbeschaffenheit bei den Acanthaceen."

Bei der Aufstellung der Acanthaceen-Gattung Pseudocalyx, welche sich in der Tribus der Thunbergieen zwischen die Gattungen Mendoncia und Thunbergia einschiebt und Eigenthümlichkeiten dieser beiden Gattungen an demselben Organe — der Anthere — auf sich vereiniget, die Pollenbeschaffenheit nämlich von Thunbergia, die Oeffnungsweise der Antherenfächer dagegen von Mendoncia, sah ich mich veranlasst durch eine vergleichende Untersuchung des Pollens nicht bloss der Thunbergieen, sondern der Acanthaceen überhaupt Aufschluss zu suchen über den Werth, welcher in systematischer Hinsicht der Pollenbeschaffenheit in dieser Familie zukomme.

Im Anschlusse an die Darlegungen, zu welchen diese Untersuchungen rücksichtlich der Thunbergieen bei Betrachtung der Gattung Pseudocalyx in den Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereines zu Bremen, Bd. VIII, 1883, p. 416 etc. geführt haben, will ich es hier versuchen, nachzuweisen, dass sich aus dem Verhalten des Pollens nicht bloss für die Thunbergieen, sondern für die Acanthaceen überhaupt mancherlei für eine naturgemässe Gliederung, Umgrenzung und Gruppirung der Gattungen werthvolle Fingerzeige entnehmen

lassen, auf welche bei einer Neuordnung der Acanthaceen besondere Aufmerksamkeit zu richten sein wird.

Es ist auffallend, dass die aussichtsreichen Vorarbeiten v. Mohl's und Fritzsche's für diese Familie nicht schon längst zu eingehenderen vergleichenden Beobachtungen in dieser Richtung Anstoss gegeben haben.

Von denen, die sich mit dieser reichhaltigen, über 1300 Arten in 125 Gattungen (nach gegenwärtiger Auffassung) umschliessenden Familie näher beschäftiget haben, scheint zwar Nees, den Abbildungen in der Flora brasiliensis gemäss, sein Augenmerk auch auf die Pollenformen gerichtet zu haben. Seine optischen Hilfsmittel waren aber, wie aus eben diesen Abbildungen hervorgeht, für die Lösung der Aufgabe offenbar ganz unzureichend.

Die optischen Hilfsmittel haben inzwischen die wünschenswerthe Vervollkommnung erlangt.

Eine vollständige Lösung der Aufgabe wird aber auch jetzt erst von einer neuen monographischen Bearbeitung der Familie zu erwarten sein, nach vorausgegangener Vereinigung eines möglichst lückenlosen Materiales hiefür.

Eine derartige Lösung war dem Vorausgeschickten gemäss für mich nicht das Ziel.

Mir handelte es sich vielmehr nur um eine orientirende Untersuchung an dem mir eben zugänglichen Materiale, dem Materiale nämlich des Münchener Herbariums, welches mir trotz beträchtlicher Lücken in so fern für eine solche Untersuchung von erheblichem Werthe schien, als es Nees, der frühere Monograph der Acanthaceen, bei deren Bearbeitung für die Flora brasiliensis ebenso als für De Candolle's Prodromus in Händen gehabt und mit seinen Bestimmungen versehen hat, so dass es grossentheils authentisches Material darstellt.

Das Resultat dieser ersten ausgedehnteren Untersuchung mag einem künftigen Bearbeiter der Familie die Aufgabe wesentlich erleichtern, und um desswillen wird es

nicht unangemessen sein, dasselbe trotz seiner zahlreichen Lücken, deren Ergänzung erst seinen Werth vollkommen wird beurtheilen lassen, im Folgenden zur Mittheilung zu bringen.

Was den Gang der Untersuchung betrifft, so habe ich mich, nachdem ich bei verschiedenen Gattungen den Pollen aller mir zur Verfügung gewesenen Arten je einer Gattung von übereinstimmender Beschaffenheit gefunden hatte, im weiteren gewöhnlich auf die Untersuchung einzelner oder doch nur einiger Arten all' der von Nees, Anderson, Örsted, Bentham und Anderen einmal zur Aufstellung gebrachten, wenn auch nicht mehr aufrecht erhaltenen Gattungen, soweit dieselben in dem bezeichneten Materiale vertreten waren, beschränkt und nur da die Untersuchung über die beabsichtigte Orientirung hinaus auf mehrere oder alle vorhandenen Arten ausgedehnt, wo besondere, während der Untersuchung hervorgetretene Fragen das erheischten.

Ueber die Methode der Untersuchung werde ich am Schlusse berichten.

Ich setze in der folgenden Darlegung die Bekanntschaft mit dem leicht in den betreffenden Abhandlungen nachzusehenden Inhalte der Gruppen, wie sie einerseits Nees in Wallich Plant. asiat. rarior. III, 1832 (fussend auf die Untersuchungen Rob. Brown's im Prodr. Fl. Nov. Holl., 1810) und in De Candolle's Prodromus XI, 1847, sodann Endlicher in den Gen. Plant., 1836—40, weiter T. Anderson in Thwaites Enum. Plant. Zeylan. 1860 (gemäss der Vorrede, p. VIII), ferner in Journ. Linn. Soc. VII, 1863, für die africanischen Gattungen und ebenda IX, 1867, für die Gattungen Indiens, dann Örsted in Vidensk. Meddelels., 1854, für die Acanthaceen Mexicos und Centralamericas und endlich Bentham in Benth. Hook. Gen. II, 2, 1876, für die Gesammtfamilie aufgestellt haben, und auf welche ich nur rücksichtlich ihrer Begründung im weiter Folgenden zurückkommen werde, bei dem Leser als gegeben voraus

und knüpfe bei der Aufzählung der Einzelbefunde zunächst an die letztgenannte Darstellung in Benth. Hook. Gen. an, indem ich hervorhebe, dass von den daselbst aufgeführten (120) Gattungen leider etwas über ein Dritttheil unter dem mir verfügbar gewesenen Materiale fehlte. Es sind das die folgenden 46 Gattungen, die ich in der Reihenfolge von Benth. Hook. Gen. unter den betreffenden Gruppenbezeichnungen und mit den dortigen Gattungsnummern hier anführe: Nelsonieae: 6 Ophiorrhiziphyllon; Ruellieae (Euruellieae): 11? Otacanthus, 15? Paulo-Wilhelmia, 16 Mimulopsis, 18 Distichocalyx; (Petalidieae:) 24 Lankesteria; (Trichanthereae:) 26 Sclerocalyx, 28? Androcentrum, 29 Bravaisia, 30 Macrostegia; (Strobilantheae:) 31 Whitfieldia, 32 Satanocrater, 33 Physacanthus, 34 Endosiphon, 40 Sautiera; Acantheae: 41 Trichacanthus, 45 Sclerochiton; Justicieae (Barlerieae): 50 Glossochilus, 52 Scytanthus, 53 Barleriola; (Asystasieae:) 59? Strobilacanthus, 60 Neriacanthus, 61 Berginia; (Eranthemeae:) 65? Sebastiano-Schaueria, 66 Cystacanthus; (Andrographideae:) 71 Diotacanthus; (Eujusticieae:) 73 Filetia, 74 Isochoriste, 75 Phialacanthus, 79 Holographis, 81 Oreacanthus, 83 Brachystephanus, 84 Clinacanthus, 85 Habracanthus, 87 Razisea, 88 Stenostephanus, 89 Hansteinia, 90 Gastranthus, 103 Hoverdenia, 106 Himantochilus, 107 Fittonia, 108 Ptyssiglottis, 109 Sphinctacanthus, 113 Chileranthemum; Dicliptereae: 117 Tetramerium, 120? Lasiocladus. Dazu kommen noch die erst in neuerer Zeit aufgestellten Gattungen Carlowrightia und Gatesia (s. A. Gray in Proceed. Americ. Acad. XIII, Boston 1878, p. 364, 365), ferner Mellera und Hiernea (s. S. Moore in Journ. Bot. XVII, 1879, p. 225 und XVIII, 1880, p. 196).

Ich entschlage mich in der folgenden Darlegung soweit möglich einer in's Einzelne gehenden Beschreibung der beobachteten Pollenformen, welche ja leicht an betreffenden Materialien und theilweise auch in den Darstellungen von

Mohl (Ueber den Bau und die Formen der Pollenkörner Bern 1834) und Fritzsche (Beiträge zur Kenntniss des Pollens, Berlin 1832; Ueber den Pollen, St. Petersburg 1837) nachgesehen werden können, und beschränke mich im allgemeinen darauf, hervorzuheben, wie weit ich die Beschaffenheit des Pollens in Einklang gefunden habe mit den bisher versuchten verwandtschaftlichen Gruppirungen, und wo in derselben eine Indication zu einer Aenderung dieser enthalten zu sein scheint. In möglichster Kürze will ich vorher, um durch Beziehung hierauf in der folgenden Darlegung die wünschenswerthe Knappheit und Uebersichtlichkeit zu erzielen, daran erinnern, welches die bisher bei den Acanthaceen beobachteten Pollenformen sind, und welche Momente vorzugsweise bei der Gruppirung der Gattungen bisher als maassgebend gegolten haben.

Was zunächst die bei den Acanthaceen schon früher beobachteten Pollenformen betrifft, für welche ich, wie für die wichtigeren weiter anzureihenden, zur Gewinnung kürzesten Ausdruckes besondere Bezeichnungen in Gebrauch nehmen will, so erwähnt Mohl in seiner Arbeit über den Pollen folgende 5 Pollenarten:

1. Den Pollen der (meisten) Thunbergia-Arten von kugeliger Gestalt, die Exine mit unregelmässig gewundenen Furchen. Ich will denselben Furchenpollen nennen.

2. Den Pollen von Ruellia, ebenfalls kugelig, die Exine grosszellig, resp. wabig, und, wie später Fritzsche nachwies (l. c. 1837 p. 740, Taf. VII, F. 7), mit 3 im Aequator gelegenen Poren. Er mag Wabenpollen heissen.

3. Den Pollen von Acanthus: cylindrisch-ellipsoidisch mit 3 linienförmigen Streifen (resp. Spalten), sehr ähnlich dem dreiseitig prismatischen Pollen, wie ihn Fritzsche (l. c. 1837 Taf. XII, F. 7) für Geissomeria dargestellt hat, dessen Exine durch 3 Längsspalten in der Mitte der Prismen-

seiten gleichsam in 3 Schalenstücke zerlegt erscheint, welche nur an den Enden zusammenhängen und je eine der stumpfen Kanten in sich aufnehmen. Er kann darnach als Schalenpollen bezeichnet werden.

4. Den Pollen von Justicia Gendarussa L. (Gendarussa vulgaris Nees): ellipsoidisch und drei Längsstreifen mit Warzen (Poren) besitzend. Ich will ihn glätten Dosenpollen nennen.

5. Den Pollen von Justicia capensis L. (Adhatoda c. Nees), Justicia purpurea L. (Rostellaria diffusa Nees) und Hypoëstes verticillaris Soland., für welchen als gemeinschaftliche, auszeichnende Momente hervorgehoben werden: ellipsoidische Gestalt, 3 oder (bei Justicia purpurea) 2 Streifen (resp. Spalten), in jedem eine kleine Warze, und (nebenan) 2 der Länge nach verlaufende punktirte Streifen.

Die Nachuntersuchung der unter 5. genannten 3 Arten ergab, dass hier, abgesehen von der 2- oder 3-Zahl der Streifen, welche unwesentlich ist, zwei Formen in einem Rahmen zusammengefasst sind, welche zwar nur Modificationen derselben Grundform sein mögen, welche aber auseinanderzuhalten, wie sich später zeigen wird, von Belang ist.

Die eine dieser Formen schliesst sich sehr nahe an die 4. Form an und unterscheidet sich nur dadurch davon, dass neben den 2 oder 3 linienförmigen Streifen (mit je 1 Warze, resp. Porus, in der Mitte) jederseits 1 oder 2 Reihen von kleinen Knötchen (die „punktirten Streifen" Mohl's) stehen, welche gewöhnlich nach aussen oder nach aussen und innen, seltener mehr nach innen als nach aussen vorragen, und nach welchen ich diese Form Knötchendosenpollen oder kürzer Knötchenpollen nennen will. Fritzsche hat diese Form (mit 2 Streifen und Poren) Taf. VIII, F. 1—3 für Beloperone oblongata und in seiner früheren Abhandlung vom Jahre 1832 auf Taf. I, Fig. 13 für Justicia Adhatoda L., d. i. Adhatoda

Vasica Nees abgebildet. Man kann, wie die drei erst erwähnten Figuren von Fritzsche genügend deutlich ersehen lassen, ein solches Pollenkorn gleichsam als zusammengesetzt betrachten aus einem schmalen Gürtelbande, welches in Fig. 3 der erwähnten Tafel VIII von Fritzsche dem Beschauer zugekehrt ist, und aus 2 demselben eingefügten breiteren Deckel- oder Dosenstücken, deren eines in Fig. 1 von der äusseren, und in Fig. 2, welche das Pollenkorn in derselben Lage, aber bei tieferer Einstellung zeigt, gleichsam von der inneren Fläche sich darstellt. Das Gürtelband ist ziemlich derb und auf seiner ganzen Oberfläche dicht mit punktförmig feinen, zu Kanälchen vertieften Grübchen besetzt, so dass es im optischen Durchschnitte rechtwinklig auf seine Fläche (wie in Fritzsche's Fig. 2) gestreift aussieht. Dieses Gürtelband bildet die schmalen Seitenflächen und die Enden des einer flachen Dose von elliptisch-oblongem Umrisse vergleichbaren Pollenkornes, dessen längster Durchmesser als seine Axe erscheint. Die dem Deckel und dem Boden einer Dose entsprechenden breiteren Seitenflächen, welche man unter Vergleichung der Pollenzelle mit einer Diatomeenzelle die Hauptseiten nennen kann, besitzen in der Mittellinie einen haarfeinen Längsstreifen (Längsspalte) mit einem Porus in dessen Mitte (also in der sog. Aequatorialzone des Pollenkornes) und je eine oder mehrere Knötchenreihen zu beiden Seiten des Streifens, sind im Uebrigen glatt und erscheinen bald mehr, bald weniger deutlich gegen das auf die Hauptseiten etwas übergreifende Gürtelband abgesetzt und gleichsam diesem eingefügt.

Die Dosenform tritt noch deutlicher hervor bei flach kreisrunder statt elliptischer Gestalt der Pollenkörner, wie sie anschliessend an die breit elliptischen von Libonia (s. unt. bei Jacobinia) bei der Gattung Isoglossa (hier aber oft mit sehr schwach ausgeprägten Knötchen) zu finden sind, am besten vergleichbar einer jener Blechdosen mit Springdeckel,

wie sie für die Führung von Cigarettentabak üblich sind; nur hat man sich den Boden derselben durch einen zweiten Deckel ersetzt zu denken. Bei diesem scheibenförmigen Knötchen- oder Dosenpollen fehlt der haarfeine Streifen in den Hauptseiten und das Gürtelband bildet einen vollständigen Ring, der aber, wie aus der Vergleichung mit den flach elliptischen Formen hervorgeht, nicht als der Aequator des Kornes angesehen werden darf. Von dieser Form ausgehend mag auch für die übrigen die oben gewählte Bezeichnung „Dosenpollen" angemessen erscheinen, und zwar auch für die mit 3 (s. unt. Beloperone nemorosa), statt mit 2 Deckelstücken oder Hauptseiten versehenen, deren Gürtelband dem entsprechend auch complicirter gestaltet ist und aus 3, statt wie gewöhnlich aus 2 an den Enden mit einander verschmolzenen klammerartigen Gürtelstücken zusammengesetzt erscheint. Ich will noch bemerken, dass, wenn man solchen dreiseitigen Knötchenpollen mit dem unter 3. charakterisirten Schalenpollen in Vergleich bringt, die Gürtelstücke den dort die Kanten in sich aufnehmenden Schalenstücken entsprechen, zwischen welchen hier die dort verhältnissmässig schmalen Spalten der Exine verbreitert und mit Deckelstücken überkleidet erscheinen. Der Querschnitt solcher Pollenkörner ist, wie bei der 3. Form, nicht kreisrund, sondern dreieckig mit nach aussen convexen Seiten. Die Deckelstücke sind, wie auch in der Zeichnung von Fritzsche Taf. VIII, Fig. 1 angedeutet ist, neben dem feinen Mittelstreifen, und namentlich neben dessen Enden, bald mehr bald weniger verdickt, so dass hier gleichsam 2 flache Längsrippen zur Ausbildung kommen, auf welche die den Mittelstreifen beiderseits begleitenden Knötchen aufgesetzt sind.

Fehlen die Knötchen auf den erwähnten flachen Rippen, welche in diesem Falle nicht selten deutlicher als sonst hervortreten, so geht aus der besagten Form die unter 4. von Mohl aufgeführte Pollenart hervor (meist mit 3, seltener mit

2 Poren — s. unt. Schwabea ciliaris), welche ich glatten Dosenpollen genannt habe. Nicht selten findet sich hier der Innenraum des Pollenkornes in der Aequatorialzone verengt in Folge stärkerer Verdickung der hier meist auch sehr deutlich radiär gestreiften Gürtelstücke, so dass bei entsprechend tiefer Einstellung auf eine der Haupseiten der Zellraum geigenförmig erscheint.

Als eine weitere eigenthümliche Modification des Dosenpollens scheint die bei Glockeria zu beobachtende aufgefasst werden zu können, bei welcher das feingrubige Gürtelband sehr schmal ist und nicht auf die Hauptseiten übergreift, die Hauptseiten ferner fast halbkugelförmig gewölbt und ausser mit einem Porus in der Mitte mit stärkeren, warzen- oder selbst stachelförmigen Knötchen besetzt sind. Auch bei diesen etwa als gedunsen kuchenförmiger Knötchenpollen zu bezeichnenden Pollenkörnern ist, wie bei den scheibenförmigen von Isoglossa, jene Durchschnittsebene, in welcher die Poren gelegen sind, als die aequatoriale aufzufassen und das Gürtelband einem Meridiankreise zu vergleichen, in dessen Ebene die Axe des Pollenkornes gelegen ist.

Die Axe erscheint in all den bisher (unter 1—5) betrachteten Formen als der grösste oder als einer der grössten Durchmesser. Wohl aber gibt es bei den Acanthaceen auch Pollenkörner, deren Axe den kleinsten Durchmesser darstellt, und welche aus der Abplattung einer Kugel hervorgegangen erscheinen; so bei Haplanthus (s. unt. bei den Andrographideen) und Herpetacanthus (s. bei den Asystasieen). Eine besondere verwandtschaftliche Kategorie stellen diese Pollenkörner ebensowenig dar, wie die rein kugelförmigen — sieh Thunbergia (Thunbergieae); Ebermaiera (Nelsonieae); Hygrophila, Phlebophyllum, Calacanthus (Hygrophileae und Strobilantheae); Blechum (Petalidieae); Ruellia (Euruellieae); Neuracanthus (Barlerieae);

Stenandrium (Aphelandreae); Asystasia atroviridis (Asystasieae); Codonacanthus (Pseuderanthemeae). Sie treten bei einzelnen Gattungen verschiedener Gruppen auf und erscheinen innerhalb der betreffenden Gruppen, wenn sie der sonst die Gruppe auszeichnenden Eigenthümlichkeiten in der Oberflächenbeschaffenheit und Anordnung der Spalten und Poren, worin mehr als in der geometrischen Gestalt das die verschiedenen Gruppen der Acanthaceen Auszeichnende zu erkennen ist, entkleidet sind, als auf die einfachsten Verhältnisse, auf die Grundform, wie man vielleicht sagen darf, mehr oder minder vollständig zurückgeführte Formen (s. z. B. Thunbergia chrysops und Stenandrium trinerve, Blechum Brownii und Haplanthus verticillaris).

Was nun die zweite Form betrifft, welche in der 5. Form Mohl's noch weiter enthalten und durch Hypoëstes verticillaris vertreten ist, so zeichnet sich dieselbe bei aller Analogie mit dem Dosenpollen, besonders dem dreiseitigen, dadurch aus, dass die zwischen den Gürtelstücken gelegenen Hauptseiten oder Deckelstücke ausser dem hier gewöhnlich mehr oder weniger klaffenden feinen Längsspalt mit dem Porus in der Mitte noch 2 etwas kürzere, ebenfalls klaffende Längsspalten besitzen, je eine zur Seite des Mittelspaltes, so dass die Deckelstücke hier gleichsam in zwei, nur oben und unten mit den Gürtelstücken und unter sich in Verbindung stehende, breitere oder schmälere Spangen zerlegt erscheinen, welche den vorhin erwähnten, flachen, beim Knötchenpollen die Knötchenreihen tragenden Rippen des Dosenpollens entsprechen und selbst auch mit erhabenen oder, wie die Gürtelstücke, mit eingedrückten Punkten oder netzförmiger Zeichnung versehen sind, wesshalb sie wohl Mohl, wie die Knötchenreihen von Justicia capensis und purpurea, auch schlechthin als „punktirte Streifen" aufgefasst und bezeichnet hat. Ich will diese Form, welche ich nur bei der Gattung Rungia mit bloss 2, ausserdem immer mit

3 Poren versehen gefunden habe, als Spangenpollen bezeichnen und gleich noch auf eine andere Form hinweisen, die nach ihrem äusseren Ansehen als eine Modification desselben aufgefasst werden kann und Rahmenpollen genannt sein mag. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass bei ihr an den Polen des Kornes nur die Spangen unter einander zusammenhängen, die an den stumpfen Kanten des Pollens gelegenen Gürtelstücke aber zu isolirten Schalenstücken umgebildet erscheinen, welche nun ihrerseits in die von den Spangen gebildeten Rahmen eingepasst sind. Es hat also gleichsam eine Umkehrung des Verhältnisses von Gürtel- und Deckelstücken des Dosenpollens hier Platz gegriffen. Gelegentlich zeigen sich hier die Gürtel- oder Schalenstücke selbst wieder durch Längsspalten in spangenartige Streifen zerklüftet. Eine solche Form ist es, welche Fritzsche auf Taf. VI, Fig. 12 von einer angeblichen, nicht näher bezeichneten „Justicia" abgebildet hat, in der kaum etwas anderes zu vermuthen sein dürfte als das von Martius, wie Nees in DC. Prodr. XI, p. 459 erwähnt, als Justicia blepharophylla bezeichnete Chameranthemum Beyrichii Nees, dessen Pollenkörner von allen, welche ich gesehen, am besten dieser Zeichnung entsprechen.

Fritzsche (l. c. 1837) bestätiget zum Theile, zum Theile verbessert und erweitert er die Angaben Mohl's, wie im Vorausgehenden an geeigneter Stelle schon berichtet ist.

Von besonderen Formen findet sich bei Fritzsche namentlich noch eine erwähnt, von der er zwei so ziemlich den extremsten Vorkommnissen entsprechende, übrigens nicht gerade musterhafte Darstellungen auf Taf. V, Fig. 8 für Ruellia anisophylla, d. i. Strobilanthes a. T. Anders. (Goldfussia a. Nees) und auf Taf. VIII, Fig. 8 für Barleria longifolia, d. i. Hygrophila spinosa T. Anders. (Asteracantha longifolia Nees) gibt. Ich will diese Form Rippenpollen nennen und werde auf seine Beschaffenheit

und die Modificationen, welche er zeigt, bei der Aufführung der Gattungen, bei denen ich ihn (in den Gruppen der Hygrophileen, Strobilantheen und Trichanthereen) beobachtet habe, zurückkommen.

Weiter ist noch eine Modification des Wabenpollens hervorzuheben, welche Fritzsche auf Taf. VII, Fig. 8 für Eranthemum strictum Colebr. (Daedalacanthus strictus T. Anders.) abgebildet hat, und welche dadurch ausgezeichnet ist, dass die Poren an dem etwas ellipsoidischen Korne in faltenartigen Vertiefungen liegen, in welchen die Wabenzellen unterdrückt oder nur durch ein wenig vorspringendes Leistennetz angedeutet sind.

Was Fritzsche in seiner früheren Abhandlung, 1832, p. 23 für gewisse Acanthaceen angibt, ist unvollständig und verdient keine weitere Berücksichtigung.

Die bisher namhaft gemachten Formen: Furchenpollen, Wabenpollen, Schalenpollen, Dosen-, Spangen-, Rahmen- und Rippenpollen, welche alle mehr oder minder eingehend von Mohl und Fritzsche berührt worden sind, stellen sich vorzugsweise als diejenigen dar, welche überhaupt eine weitere Verbreitung bei den Acanthaceen besitzen und für die Systematik, wie später zu zeigen, von Belang sind.

Nur zwei Formen sind noch ausserdem als belangreich hervorzuheben, deren eine, wie gleich hier bemerkt sein mag, den Nelsonieen eigen erscheint und Faltenpollen genannt werden kann, während die andere bei den Andrographideen sich findet und Daubenpollen heissen mag.

Die Körner des Faltenpollens sind ellipsoidisch oder fast kugelig mit glatter Oberfläche und 3 tiefen Längsfalten, welche in der Mitte je einen runden Porus besitzen.

Der Daubenpollen kann als eine Modification des Schalenpollens aufgefasst werden, dessen Spalten an den

mehr ellipsoidisch gestalteten Körnern in der Mitte erweitert und ihrer ganzen Fläche nach mit oben und unten verjüngten, fassdaubenartigen Exinestücken überdeckt sind. Diese Daubenstücke lassen in ihrer Mitte die für die Pollenschläuche vorgebildeten Austrittsstellen als mitunter nur schwach angedeuteten Porus oder als nach aussen oder innen vorspringende papillöse Auftreibung erkennen und sind, wie noch mehr die daneben befindlichen und gewöhnlich allein an den Polen untereinander zusammenhängenden Schalenstücke, fein punktirt. Um die Daubenstücke zieht sich, zwischen ihren Rändern und den damit parallel laufenden der Schalenstücke gelegen, ein glatter schmaler Streifen wie eine Fuge herum. Sind ihre Ränder etwas erhaben, so kann das als ein Uebergang zum Spangenpollen angesehen werden.

Neben diesen wichtigeren und verbreiteteren kommen vereinzelt noch mancherlei Formen untergeordneten Werthes vor, welche zum Theil auch nur als besondere Modificationen und Vereinfachungen der verbreiteteren betrachtet werden können. Sie sollen bei den betreffenden Gattungen ihre Darlegung finden. Besondere Bezeichnungen erscheinen für sie überflüssig.

Was die Gruppirung der Gattungen betrifft und die Momente, welche hiebei und bei der Umgrenzung und Gliederung der Gattungen bisher als maassgebend betrachtet worden sind, so ist vor allem hervorzuheben, dass die erstere wohl im grossen Ganzen und in Beziehung auf die Aufstellung gewisser Hauptgruppen, keineswegs aber im Einzelnen schon eine befriedigende, die natürliche Verwandtschaft der Acanthaceen zum Ausdrucke bringende ist.

Die Momente, welche für die Abgrenzung und damit auch für die verwandtschaftliche Stellung der Gattungen seiner Meinung nach besonders in Berücksichtigung zu ziehen

sind, hat Rob. Brown im Prodr. Flor. Nov. Holl. I, 1810, p. 474 nach der Reihenfolge des Werthes, den er ihnen beimisst, in einer besonderen Uebersicht aufgezählt, und diese hat Nees in seiner ersten Bearbeitung der Acanthaceen in Wallich Pl. asiat. rar., III, 1832, p. 74 vollständig acceptirt und fast wörtlich wiedergegeben, wie folgt: 1) Semina cum vel absque retinaculis; 2) dissepimentum valvis adnatum vel liberum; 3) antherae biloculares vel uniloculares; 4) stamina antherifera 2 vel 4; 5) corollae irregularis limbus 2- vel 1-labiatus; 6) calyx aequalis vel inaequalis; 7) capsulae loculi 2-∞-spermi. Ferner als Momente geringeren Gewichtes: 8) (cf. 5) corolla subregularis et tunc modo hypocrateriformis antheris 2 exsertis, vel infundibuliformis antheris 4 inclusis; 9) (cf. 5) corollae irregularis labiatae forma et divisio labiorum; 10) (cf. 3) antherarum locellorum situs diversus, a connectivi forma et volumine pendens, eorundemque appendices variae; 11) (cf. 4) filamentorum sterilium in diandris accessus vel defectus; 12) (cf. 7) capsulae valvulae compressae vel naviculares, sessiles vel in unguem contractae.

Nees selbst berücksichtiget weiter den Umstand, dass, wie er sich ausdrückt, symmetrische und asymmetrische (d. h. aktinomorphe und zygomorphe) Bildung in jeder Abtheilung vorkommen kann und sich bald in der „Fructification" bald in der „Inflorescenz" ausgeprägt zeigt, und betrachtet also als besondere Gattung auch, was bei Gleichartigkeit der Fructification durch einen anderen Typus der Inflorescenz sich auszeichnet. Daraus erklärt sich die beträchtlich grössere Anzahl von Gattungen, welche Nees hier und in seiner späteren Bearbeitung der Familie in DC. Prodr. XI, 1847, im Vergleiche mit seinen Vorgängern und seinen Nachfolgern erhielt. Die Gliederung der Familie, zu welcher er gelangte, ist nach der Darstellung in Wall. Pl. as. rar., III, 1832 und Lindley Introd. Ed. II, 1835 (nach dem Citate in De Cand. Prodr. XI für die Gruppe der Aphelandreae)

folgende (wobei an die Charakteristik jeder Gruppe nur durch ein paar Worte aus dem Conspectus diagn. in Endlich. Gen., und so gut das hiernach geht, erinnert sein mag):

Tribus I. Thunbergieae (retinacula cupuliformia).
Tribus II. Nelsonieae (retinacula papilliformia).
Tribus III. Echmatacanthi (retinacula uncinata).

Subtrib. 1. Hygrophileae (corolla ringens, capsula polysperma).
Subtrib. 2. Ruellieae (corolla limbo aequali v. subbilabiato; capsula 2—4— ∞-sperma).
Subtrib. 3. Barlerieae (calyx 4-partitus, laciniis inaequalibus; corolla infundibuliformis vel bilabiata).
Subtrib. 4. Acantheae (calyx 4-partitus, laciniis inaequalibus; corolla 1-labiata).
Subtrib. 5. Justicieae (calyx 5-fidus; corolla plerumque bilabiata; capsula 4-, rarius pleiosperma).
Divisio 1. Aphelandreae (capsula sessilis).
„ 2. Gendarusseae (capsula unguiculata).
„ 3. Eranthema (capsula longe unguiculata).
Subtrib. 6. Dicliptereae (calyx 5-partitus; corolla bilabiata; capsula 4—8-sperma).
Subtrib. 7. Andrographideae (calyx 5-fidus; corolla bilabiata; capsula sessilis, pleiosperma).

Diese Gliederung wurde in den Gen. Plant. von Endlicher (1836—40) unverändert beibehalten unter Einordnung der inzwischen neu hinzugekommenen Gattungen und mit der einzigen Modification im Inhalte der Unterabtheilung der Gendarusseae, dass unter Gendarussa die Nees'sche Gattung Adhatoda mit einbezogen wurde, ferner unter Ersetzung

der Gruppenbezeichnung Eranthema durch „Eranthemeae." Dass die Subtribus 6 und 7 bei Endlicher als Tribus bezeichnet sind, ist offenbar nur ein Druckfehler.

Nees selbst änderte in seiner späteren monographischen Bearbeitung der Familie in De Cand. Prodr. XI, 1847, diese Gliederung unter vollständiger Einhaltung der Reihenfolge der aufgeführten Glieder nur in so fern ab, als er den Werth bestimmter Glieder erhöhte, nämlich der Divisionen und Subtribus zu dem von Tribus und den der dritten Tribus zu dem einer Subordo „Echmatacanthi", welcher eine aus den ersten zwei Tribus gebildete weitere Subordo „Anechmatacanthi" gegenübergestellt wurde. Dadurch wurde zugleich die gemeinschaftliche Bezeichnung „Justicieae" für die hierunter früher zusammengefassten 3 Gruppen überflüssig. Im Texte sind hier die auf die Aphelandreen folgenden Tribus unter unrichtigen Nummern und fälschlich als „Subtribus" aufgeführt.

Anderson hat, was die Abgrenzung der Gattungen, ihre Beziehungen zu einander und ihre Gruppirung in Tribus und Unterfamilien betrifft, durch die Herbeiziehung eines neuen Classificationsmomentes — der Aestivation der Corolle — einen wesentlichen Fortschritt erzielt. Derselbe hat zwar in der einen seiner Abhandlungen (Journ. Linn. Soc. VII, 1863) nur die Arten Africa's, in der anderen (ibid. IX, 1867) nur die Indiens mit Ausschluss des indischen Archipels in Betracht gezogen und hält es selbst desshalb für verfrüht, über die Charaktere der Gattungen und über ihre Verwandtschaft sich bestimmt auszusprechen, glaubt aber doch, dass die Umgrenzung der Gattungen, der Tribus und der Unterfamilien bei einer Revision der ganzen Familie keine wesentliche Veränderung mehr zu erfahren haben dürfte.

Er theilt die Familie, statt wie Nees in 2 Unterfamilien (Anechmathacanthae und Echmatacanthae, deren letztere die

ganze Familie fast allein in sich schliesst), in 3 solche: Thunbergideae, Ruellideae und Acanthideae, „nach der Natur des Kelches (s. ob. 6 in der Uebersicht R. Brown's), der Aestivation der Corolle und der Beschaffenheit der die Samen tragenden Placentartheile“ (s. oben 1).

Die Rücksichtnahme auf die Aestivation der Corolle ist es vorzüglich, welche, wie schon erwähnt, die neue Anordnung auszeichnet und ihr wesentliche Vortheile zuwendet. Sie dient namentlich zur Unterscheidung der Acanthideen, mit imbricirter Knospenlage, von den Thunbergideen und Ruellideen, mit gedrehter Knospenlage. Doch bezieht Anderson die Nelsonieen, deren obere Kronentheile die seitlichen decken, so dass hier keineswegs eine gedrehte Knospenlage vorhanden ist, zu den Ruellideen, und mit Recht scheint Bentham in Benth. Hook. Gen. diese Gruppe als eine den Thunbergieen gleichwerthige wieder herauszuheben. Uebrigens ist wohl zu beachten, dass auch so noch Ausnahmsverhältnisse in der Abtheilung der Ruellideae vorhanden sind, welche weiter unten (nach der Betrachtung ihres Pollens) nähere Erwähnung finden werden. Ja auch für die Thunbergieen ist, wie die neue Gattung Pseudocalyx zeigt (s. die eingangs citirte Mittheilung hierüber), der Knospenlage der Krone kein allzu grosses Gewicht beizumessen. Das wesentlich Eigenthümliche der Thunbergieen ist die mehr oder minder schildförmige Anheftung der Samen (daneben noch die Reducirung des Kelches und die Bildung eines Scheinkelches aus den Bracteolen, was sich aber schon bei Gattungen anderer Gruppen, so bei Clistax und in gewisser Modification bei Dicliptera und den verwandten Gattungen ebenfalls findet). Das wesentlich Eigenthümliche der Nelsonieen sind die kleinen, kugeligen Samen, und mit Recht hat Bentham von ihnen die Gattung Cardanthera Ham. (Adenosma Nees), welche die flach zusammengedrückten Samen

der Ruellideen besitzt (die bei Cardanthera nur wegen ihrer geringen Grösse und wegen des Fehlens der Retinacula denen der Nelsonieen als gleichwerthig betrachtet worden waren), zu den Ruellideen, resp. Hygrophileen übertragen, wie durch die Uebereinstimmung in der Beschaffenheit des Pollens von Cardanthera mit dem der Hygrophileen dargethan wird (s. unten).

Innerhalb der Ruellideen Anderson's (mit folgenden Tribus und Subtribus: Tribus Nelsonieae; Tribus Ruellieae: Hygrophileae, mit Nomaphila, Hygrophila, Brillantaisia, Euruellieae mit Calophanes, Ruellia, Petalidium, Pseudobarleria, Phaylopsis, Aetheilema, Trichanthereae mit Whitfieldia, Strobilantheae mit Hemigraphis, Stenosiphonium, Strobilanthes, Aechmanthera, Daedalacanthus) sind die Tribus „nach den Charakteren des Kelches (s. ob 6) und der Samengestalt" gebildet.

Innerhalb der Acanthideen Anderson's (mit folgenden Tribus und Subtribus: Trib. Barlerieae mit Barleria, Crabbea, Lankesteria, Neuracanthus, Crossandra, Lepidagathis; Trib. Acantheae mit Blepharis, Acanthopsis, Acanthus, Sclerochiton; Trib. Andrographideae mit Andrographis, Haplanthus, Gymnostachyum; Trib. Phlogacantheae mit Phlogacanthus; Trib. Justicieae: Eujusticieae mit Duvernoia, Justicia, Ptyssiglottis, Schwabea, Monothecium, Ecteinanthus — i. e. Isoglossa Örst. —, Rungia, Anisostachya, Dicliptereae mit Dicliptera, Peristrophe, Hypoëstes, Rhinacanthus, Ramusia, Brachystephanus, Graptophylleae mit Graptophyllum, Haplanthera, Ruttya; Trib. Asystasieae: Eranthemeae mit Eranthemum, Euasystasieae mit Codonacanthus, Dicentranthera, Asystasia und Mackaya) „sind die Tribus leicht zu unterscheiden nach der Form der Corolle (s. ob. 5, 8 u. 9), der Zahl der Staubgefässe (s. ob. 4 u. 11) und der Beschaffenheit der Antheren" (s. ob. 3 u. 10). Die Subtribus sind basirt „auf Charaktere der Blüthentheile, auf die Form der Kapsel (s. ob. 12) und die Zahl der Samen" (s. ob. 7).

Im allgemeinen sind das, worauf schon im einzelnen durch entsprechende Citate hingewiesen ist, dieselben Gesichtspunkte, wie sie schon Rob. Brown und Nees im Auge gehabt haben. Der Ablösung des Dissepimentes (s. ob. 2), welche ebenso bei Gattungen der von den Euruellieen durch Bentham unterschiedenen Petalidieen (Petalidium, Phaylopsis, Blechum, Pentstemonacanthus) wie der Diclipteren vorkommt, ist mit Recht kein besonderes Gewicht mehr beigemessen; ebensowenig der von Nees viel zu sehr in den Vordergrund geschobenen Inflorescenz. Als wichtige neue Momente treten hinzu, die Aestivation der Corolle, wie schon oben hervorgehoben (s. oben bei d. Unterfamilien), und die Gestalt der Samen (s. oben bei d. Ruellideen).

Diese beiden Momente sind bei Bentham (in Benth. Hook. Gen. II, 1876) noch mehr in den Vordergrund geschoben, und werden zunächst nach der Gestalt der Samen die Thunbergieae und Nelsonieae von den übrigen Acanthaceen als 2 gleichwerthige Gruppen, Tribus, (unter Aussonderung der Gattung Clistax aus der ersteren und der Gattung Adenosma, d. i. Cardanthera Ham., aus der letzteren) abgehoben. Der Rest wird dann nach der Beschaffenheit der Corolle, besonders ihrer Aestivation, in 3 weitere gleichwerthige Gruppen, Tribus, getheilt, nämlich in die Ruellieae mit rein oder fast rein gedrehter Knospenlage der Krone, in die Acantheae mit einlippiger Krone und in die Justicieae mit niemals gedrehter, meist rein aufsteigend, theilweise aber auch anders imbricirter Knospenlage (bei der Subtribus der Barlerieen) und mit meist ausgesprochen zweilippiger Krone (bei den Subtribus der Andrographideen, Eujusticieen und Diclipteren). Bei den Ruellieae findet sich neben den Subtribus Anderson's noch eine (schon vorhin erwähnte) Subtribus der Petalidieen aufgestellt; bei den Justicieae (den Acanthideae Anderson's entsprechend mit Ausschliessung der Acantheae) finden sich die Phlog-

acantheae mit den Andrographideen vereiniget und die Graptophylleen in die Eujusticieen einbezogen; dafür sind die Diclipteren und Eranthemeen, welche bei Anderson nur als Unterabtheilungen dritter Ordnung erscheinen, auf die gleiche Stufe mit den übrigen schon genannten Abtheilungen und den Asystasieen (nach Ausschluss der Eranthemeen) gestellt, welch' letztgenannte zwei Subtribus von den Barlerieen durch die aufsteigende Kronendeckung, von den drei anderen Subtribus der Justicieae aber durch die nicht (oder doch nur annähernd) zweilippige Krone unterschieden werden.

Die orientirende Untersuchung über das Verhältniss der Pollengestaltung zu den übrigen verwandtschaftlichen Charakteren lässt die Veränderungen, welche Anderson und Bentham in die Gruppirung der Acanthaceen eingeführt haben, zum grossen Theile als wohlberechtigte erscheinen, spricht aber doch gelegentlich auch wieder der Gruppirung von Nees das Wort oder veranlasst, neue Modificationen in Aussicht zu nehmen. Es zeigte sich dabei, dass bei den Acanthaceen in der Regel den Arten derselben Gattung die gleiche Pollenform zukommt, und dass da, wo wesentlichere Abweichungen in der Pollengestalt bei einzelnen oder mehreren Arten einer Gattung auftreten, meist auch andere Merkmale vorhanden sind, welche es angezeigt erscheinen lassen, solche Arten und Artgruppen zu besonderen Gattungen zu erheben, oder in anderen Fällen wenigstens als besondere Untergattungen oder Gattungssectionen zu unterscheiden. Weiter war, wenn ich vor dem Eingehen auf die Einzelergebnisse das Gesammtresultat kurz skizziren will, zu erkennen, dass gewisse eigenthümliche Pollenformen nur oder fast nur innerhalb derselben verwandtschaftlichen Gruppe auftreten und für diese so charakteristisch sind, dass aus der Gestalt des Pollens allein in

den meisten Fällen die Zugehörigkeit einer Pflanze zu dieser oder jener engeren oder weiteren Gruppe mit grösster Sicherheit gefolgert werden kann, und diese Sicherheit wird vielleicht für fast alle Gruppen zu erreichen sein, wenn dieselben zu wirklich natürlichen umgestaltet sein werden unter Zuhilfenahme eben der Pollenbeschaffenheit da, wo andere Merkmale eine Veränderung der Stellung wohl auch zu verlangen scheinen, für deren Durchführung aber ausreichende Fingerzeige nicht an die Hand geben. Daneben kommen aber allerdings weniger ausgezeichnete Pollenformen bei einzelnen Gattungen verschiedener Gruppen vor, innerhalb dieser wohl ein mehr oder weniger vollständiges Zurückgehen der Pollengestalt auf einfachere Verhältnisse darstellend (s. am Schlusse).

Indem ich nun zur Darlegung des Befundes in den einzelnen Gruppen, wie sie in Benth. Hook. Gen. aneinander gereiht sind, übergehe, bemerke ich, dass ich innerhalb des Rahmens der dort angenommenen Gattungen, die betreffenden Pflanzen meist mit den von Nees gebrauchten Namen aufführe, wie sie letzterer grösstentheils selbst in dem Münchener Herbare eingetragen hat, soferne nicht durch Andere, besonders Anderson oder Bentham selbst schon an den mehrfach angeführten Orten andere Namen dafür in Gebrauch genommen worden sind. Ich möchte dadurch einer Ummodelung zahlreicher Namen vor weiterer Befestigung der Gattungsgrenzen, zu welcher diese Untersuchungen eben beitragen sollen, aus dem Wege gehen.

Für die Gruppe der Thunbergieen ist das Ergebniss der Pollenuntersuchung schon in den Bemerkungen zu Pseudocalyx (s. Abhandl. des naturwiss. Vereines zu Bremen, Bd. VIII, 1883, p. 420—425) mitgetheilt worden und mag nur in aller Kürze hier wiederholt sein. Die häufigste Form ist die oben als Furchenpollen bezeichnete 1. Form Mohl's

von kugeliger Gestalt. Sie kommt den meisten Thunbergiaarten [1]) zu, bei gewöhnlich glatter, seltener (s. Th. fragrans, Th. tomentosa) warziger Oberfläche der Exine; in vereinfachter Weise (mit weniger Furchen) ferner der Gattung Pseudocalyx. Wesentlich modificirt erscheint dieselbe in der Zerklüftung der Exine durch sich kreuzende Liniensysteme in sechseckige Felder bei Thunbergia chrysops Hook.; weiter in der Ersetzung der Furchen durch 4 oder 5 — Arten von Mendoncia — oder mehr (8—9) schmal elliptische oder linienförmige, in den Meridianen gelegene Poren oder Spalten der Exine, im letzteren Falle zugleich unter Umänderung der Kugelgestalt des Pollens in die einer gezackten Scheibe — bei Thunbergia Hawtaynii Wall. (Meyenia Hawtayniana Nees), welcher Pflanze vielleicht wieder eine gesonderte Stellung neben Thunbergia oder doch eine bevorzugte Stellung innerhalb dieser Gattung einzuräumen sein dürfte (s. a. a. O.).

Den Nelsonieen (im Sinne von Bentham) erscheint, wie schon oben bemerkt, die Form des Pollens eigen, welche ich unter dem Namen Faltenpollen (s. ob. p. 267) unterschieden habe: glatte, ellipsoidische Körner, bald länger bald kürzer — Nelsonia tomentosa Willd. (N. canescens Nees, N. origanoides Hochst.), Elytraria frondosa Kunth (E. scorpioides Röm. et Schult., coll. Bertero n. 7549), Ebermaiera Anigozanthes Nees —, bis kugelförmig — Ebermaiera spathulata Hassk. —, mit 3 tiefen Längsfalten und je 1 Porus in deren Mitte.

---

1) Ich meine hier: den meisten africanischen und indischen Arten. Von den australischen (s. F. v. Müller Fragm. IX, 1875, p. 73 und Southern Science Record, Febr. 1882) stand mir keine zu Gebot.

Die Hygrophileen, welche Bentham wie Anderson, als erste Subtribus ihrer Ruellieae aufführen, zeigten durchgehends kugelförmigen oder bauchig ellipsoidischen, gelegentlich auch citronenförmigen Rippenpollen (s. ob. p. 266) mit 3—4 runden Poren im Aequator, die Rippen flach, dabei netzartig gefeldert, fein punktirt oder glatt, in der Richtung der Meridiane verlaufend, nach oben und unten verschmälert und an den Polen miteinander verschmolzen. Die untersuchten Arten sind folgende: Adenosma balsamea Spr., i. e. Cardanthera Ham. ed. Benth. in B. H. Gen., für deren Versetzung von den Nelsonieen hieher durch Bentham die Beschaffenheit des Pollens somit eine weitere Stütze und Bekräftigung darbietet; Hygrophila lancea Miq. (Japan) und die zu Hygrophila von Anderson und Bentham gezogenen Hemiadelphis polysperma Nees = Hygrophila p. T. And., Physichilus Serpyllum Nees = Hygrophila S. T. And., Polyechma caeruleum Hochst. = Hygrophila c. T. And. mit mehr tonnenförmiger Gestalt des Pollens und Asteracantha macracantha Hochst. = Hygrophila spinosa T. And. (vergl. die Abbildung von Fritzsche, 1837, Taf. VIII, Fig. 8 für Asteracantha s. Barleria longifolia = Hygrophila spinosa T. And. mit 12 Rippen und 4 Poren); Nomaphila corymbosa Bl. mit 12 Rippen und 4 Poren; Brillantaisia spec., coll. Soyaux n. 118.

Dem Pollen der Hygrophileen sehr ähnlich erwies sich der der Strobilantheen (der letzten Subtribus der Ruellieae in B. H. Gen.), soweit mir Materialien für die Untersuchung verschiedener Gattungen zu Gebote standen, nämlich bei Arten von Strobilanthes selbst mit Einschluss von Strobilanthes Panichanga T. Anders. (Asystasia P. Nees) und der unter anderem von Bentham und theilweise schon von Anderson damit vereinigten Nees'schen Gattungen Goldfussia (vergl. die Abbildung von Fritzsche, 1837, Taf. V,

Fig. 8 für Ruellia anisophylla s. Goldfussia a. Nees = Strobilanthes a. T. And.), Leptacanthus (L. alatus Wight, Ic. t. 1527, Herb. Hook. f. & Thoms.), Phlebophyllum (Ph. Kunthianum Nees = Strobilanthes K. T. And.) und Endopogon (E. foliosus R. Wight = Strobilanthes f. T. And.); ferner bei Hemigraphis elegans Nees (Ruellia e. Hook., coll. Metz ed. Hohenack. n. 333), Hemigraphis hirta T. And. (Ruellia h. Vahl), Hemigraphis rhytiphylla m. (Ruellia rhytiphylla Nees, ins. Philipp., coll. Cuming n. 1016), bei Stenosiphonium confertum Nees, Aechmanthera Wallichii Nees und Calacanthus grandiflorus m. (C. Dalzelliana T. And. ed. Benth. in B. H. Gen., Lepidagathis grandiflora Dalz.). Der Pollen dieser Pflanzen ist ebenfalls Rippenpollen, von dem der Hygrophileen kaum anders als durch gewöhnlich gestrecktere Form unterschieden, länglich ellipsoidisch, seltener (Calacanthus grandiflorus, welche Pflanze darnach und wegen der glatten Rippen sehr den Hygrophileen sich nähert) von den Polen her abgeplattet, mit vielen erhabenen, gegen die Pole hin sich verschmälernden, bald glatten, bald durch eine Reihe kleiner Grübchen oder warzenförmiger Erhebungen (letzteres bei Endopogon foliosus Wight und Strobilanthes japonicus Miq.) ausgezeichneten Längsleisten (Rippen) und im Aequator mit 3 grossen, annähernd kreisförmigen Poren (wie es Fritzsche in der schon erwähnten Abbildung Taf. V, Fig. 8 für Goldfussia s. Ruellia anisophylla = Strobilanthes a. T. And. etwas mangelhaft dargestellt und p. 730 beschrieben hat), welche oft deutlich Durchbrechungen einer an dieser Stelle verbreiterten Rippe bilden.

Dieser Befund scheint für eine unmittelbare Annäherung der Strobilantheen an die Hygrophileen zu sprechen, der irgend welche Hindernisse kaum entgegenstehen dürften.

Schon beträchtlich modificirt erscheint der Rippenpollen bei den von Anderson und Bentham als Subtribus

der Ruellieae in die unmittelbare Nähe der Strobilantheen gestellten Trichanthereen, für deren Untersuchung mir übrigens nur Sanchezia (Ancylogyne munita Nees und A. macrocnemis Nees) und anscheinend analoger, aber für ein sicheres Resultat noch zu junger Pollen von Trichanthera gigantea Kunth zu Gebote stand. Der Pollen zeigt hier bei stark seitlich abgeplatteter, fast scheibenförmiger Gestalt ebenfalls leistenförmige, mit einer Reihe grubiger Vertiefungen versehene, aber flachere und fast bandartig verbreiterte Streifen oder Rippen, welche eine andere Anordnung als sonst beim Rippenpollen besitzen und gleichsam zweierlei Systeme von Rippen darstellen. Die einen derselben nämlich verlaufen über den dicken, die Pole in sich aufnehmenden Rand der Scheibe in mehreren, da und dort sich vereinigenden Windungen oder Ringen, den grössten Theil des Kornes bedeckend und nicht undeutlich an die Spiralbänder der Thunbergieen erinnernd; die anderen dagegen überdecken die je mit einem grossen elliptischen Porus versehenen Seitenflächen der Scheibe, sind den längeren Seiten des Porus entsprechend gekrümmt, verjüngen sich an ihren Enden und vereinigen sich hier theilweise unter einander. Die Form des Kornes, die Anordnung der Leisten und die Zahl und Lage der Poren zeigt hier übrigens beim Pollen derselben Pflanze mancherlei Abänderungen und Unregelmässigkeiten. Nicht selten ist namentlich ein dritter und selbst ein vierter Porus zwischen den am Scheibenrande das Korn umziehenden Leisten oder am Rande einer Seitenfläche zu sehen, so dass die Abstände zwischen den Poren dann ungleich bemessen erscheinen. Einen Uebergang zu dieser Modification des Rippenpollens, welche man als scheibenförmigen Rippenpollen bezeichnen kann, stellt der Pollen von Strobilanthes Panichanga dar mit bald 3, bald 2 Poren, im letzteren Falle von den die Poren tragenden Seiten her, wie der Trichanthereen-Pollen, etwas zusammengedrückt und an dem dadurch

entstehenden, der grössten Circumferenz entsprechenden Rande von 2 oder 3 ringsum fortlaufenden Rippen umzogen, mit welchen die über die Flächen von Pol zu Pol verlaufenden Rippen sich an ihren Enden nicht mehr vereinigen.

Zum Theil noch deutlich als Rippenpollen (mit 12—15 Rippen), zum Theil als eine wesentliche Modification desselben und gleichsam als eine Mittelform zwischen Rippenpollen und Spangen- oder Rahmenpollen erscheint die Form des Pollens, welche in der Gruppe der Petalidieen die beiden Gattungen Petalidium (P. barlerioides Nees) und Phaylopsis (Ph. longifolia Sims s. Aetheilema imbricatum R. Brown und Ph. parviflora Willd. s. Aetheilema reniforme Nees) auszeichnet, während anderen zu dieser Gruppe gerechneten Gattungen andere Pollenformen zukommen, wornach für einzelne vielleicht eine Uebertragung in andere Abtheilungen nahe gelegt sein dürfte.

Der Pollen von Petalidium und Phaylopsis ist annähernd ellipsoidisch mit 3 flach gewölbten Seiten und eben so vielen stumpfen Kanten, die letzteren gebildet von 3 feingrubigen (punktirten) Gürtel- oder Schalenstücken, welche wenigstens bei Phaylopsis oft kaum breiter sind als die neben ihnen liegenden Rippen, deren 3 über jede Seitenfläche der Länge nach verlaufen, um an den Polen mit einander und mit den Gürtelstücken zu verschmelzen. Die mittlere dieser Rippen ist länger und kräftiger ausgebildet als die seitlichen und trägt in ihrer Mitte (wie ähnliches oben für die Strobilantheen angegeben wurde) einen Porus, um welchen sie sich unter Verbreiterung wallartig herumzieht. Dieser Wall und die zunächst über und unter ihm liegenden Theile der Mittelrippe ragen bei Petalidium über die übrige Fläche des Kornes beträchtlicher hervor und sind deutlicher als die übrigen Stellen der Mittelrippe und als die Seitenrippen fein und tief

grubig, von der Seite gesehen desshalb radiär gestreift. Bei Phaylopsis können die Schalenstücke, wenn sie kaum breiter als die benachbarten Rippen sind, selbst auch das Aussehen von Rippen haben, und der Pollen erscheint dann mit 12 Rippen (und 3 Poren) versehen, oder es kann je ein Schalenstück, wenn es bei mehr kugeliger Gestalt des Kornes grössere Breite hat, in zwei Rippen gespalten sein, und dann zählt das Pollenkorn 15 Rippen, von denen je 4 die Intervalle zwischen den porentragenden Rippen ausfüllen.

Der Pollen von Blechum (B. Brownei Juss. und B. laxiflorum Juss.) zeigt gar keine Rippenbildung mehr und ein vollständiges Zurückgehen, wie man wohl sagen darf, auf eine verhältnissmässig einfache Grundform. Er ist annähernd kugelig mit 3 Spalten, welche sich mitunter bis an die Pole hinziehen, und mit im Aequator gelegenen Poren, je eine in jeder Spalte. Die Oberfläche ist mehr oder weniger fein punktirt.

Die nur fragweise von Bentham zu den Petalidieen gebrachte Gattung Pentstemonacanthus (P. modestus Nees) zeigt sich im Pollen sehr ähnlich der Gattung Ruellia (s. bei dieser), und sehr nahe kommt dieser, worauf ich im Anschlusse an Ruellia weiter unten zurückkommen werde, in der Gestalt des Pollens (s. die oben p. 267 erwähnte Abbildung von Fritzsche, 1837, Taf. VII, Fig. 8) auch die Gattung Daedalacanthus T. Anders., für welche aber der Linné'sche Name Eranthemum unzweifelhaft wieder herzustellen ist, während jene Gattung, auf welche derselbe von T. Anderson und Bentham bezogen wird, einen anderen Namen zu erhalten hat und Pseuderanthemum (ferner die darnach benannte Tribus Pseuderanthemeae statt Eranthemeae) heissen mag. [1])

1) Die Gattung Eranthemum „Linn. Gen. n. 23", wie Bentham nach der VI. Ausgabe der Genera von Linné, 1764, citirt, wurde

In der Gruppe der Euruellieen findet sich ebenfalls noch Rippenpollen bei der Gattung Calophanes mit

---

von Linné nach einer Pflanze des Herb. zeylanicum von P. Hermann, welche Linné in der Flora zeylanica (1747) p. 6 n. 15 unter diesem Gattungsnamen, und zwar ohne Beifügung eines Species-Epithetons beschrieben hat, in der Dissertation von Dassow vom 15. Juni 1747 (s. Amoen. acad. I, p. 381, resp. 384 n. 1032) unter Zusammenstellung der wesentlichen Gattungscharaktere aufgestellt und mit dem gleichen Wortlaute auch in einem Appendix der Flora zeylanica („Nova genera Plantarum zeylanicarum, nuper edita in Diss. acad. sub Praesidio auctoris per C. M. Dassow, heic compendiose proposita") p. 1. n. 1032 publicirt.

Die an beiden Orten sich findenden Angaben lassen kaum einen Zweifel darüber, dass Linné dabei jene auf Zeylon vorkommende Pflanze im Auge gehabt habe, welche Roxburgh später nach Exemplaren aus anderen Theilen Indiens als Eranthemum montanum bezeichnet hat. Ein Blick in das von Linné bearbeitete Herb. zeylanicum P. Hermann's, welches im British Museum aufbewahrt ist, wird jeden Zweifel hierüber, wie ich ohne Anstand glaube voraussetzen zu dürfen, benehmen. Bürge hiefür ist das, was Rob. Brown, wie weiter unten zu erwähnen, nach Autopsie der Pflanze des Herb. Hermann über die ihr zunächst stehenden Verwandten und damit über ihre Gattungszugehörigkeit ausspricht, sowie der Umstand, dass andere Arten der gleichen Gattung aus Zeylon nicht bekannt sind (s. Thwaites Enum. Pl. Zeylan.).

An der Stelle nun, an welcher Linné zuerst für diese Pflanze, wie überhaupt, ein Species-Epitheton dem Gattungsnamen beifügte, in den Spec. Plant. Ed. I (1753) p. 9, vermengte er mit der zeylanischen Pflanze, die ihm nicht mehr vorlag, eine andere und zwar africanische Pflanze, für welche er das Synonym „Ephemerum lychnidis flore africanum Herm. Parad. 153, Amm. herb. 232" anführt, und auf welche er bei der Angabe des Vaterlandes „Aethiopia" allein mehr Rücksicht nimmt, und nannte nun die so entstandene Doppelspecies: Eranthemum capense, in der zweiten Ausgabe der Spec. Pl. (1762) dazu auch noch ein Synonym aus Rajus (Suppl. 527) anführend: „Centaurium minus, foliis oblongis acutis, flore patulo puniceo majori."

Die africanische Pflanze gehört, was wenigstens die in Herm. Parad. beschriebene betrifft, sicher nicht zur selben Gattung, wie die

Einschluss der von Anderson und Bentham damit vereinigten Gattungen Dyschoriste (D. litoralis Nees = Calophanes l.

---

zeylanische. Bei der Scheidung beider ist der Gattungsname Eranthemum für die zeylanische Pflanze zu erhalten, welche überhaupt als die Grundlage der Gattung Eranthemum zu betrachten ist, der Speciesbeiname dagegen für die africanische; zu beiden Pflanzen ferner ist als Synonym „Eranthemum capense L. partim" nach den entsprechenden Theilen zu citiren.

Diese Scheidung ist kaum mehr weiter, als bis zur Herausschälung des ersten Theiles durchführbar. Was unter dem Synonym von Hermann Parad. zu verstehen, ist unklar, und selbst fraglich, erstens, ob es an der betreffenden Stelle überhaupt auf eine Pflanze angewendet ist, welche Linné vor sich hatte, wie nach dessen Angabe in der Vorrede der Spec. Plant., dass er Pflanzen, welche er nicht gesehen, überhaupt übergangen habe, anzunehmen wäre, und zweitens, ob es richtig auf diese angewendet ist. Einigermassen im Widerspruche mit dieser Angabe der Vorrede der Spec. Plant. steht es, wenn Linné in den Gen. Plant. Ed. VI n. 23 dem unveränderten Gattungscharakter von Eranthemum die Bemerkung beifügt: „Unicum vidi specimen, aliis itaque attente examinandum committo." Das Wahrscheinliche ist darnach wohl, dass es sich hier nur, wie so oft bei Linné, um die Hinzubringung eines unrichtigen Synonymes zu einer von ihm untersuchten Pflanze unter Einflussnahme jenes auf die Wahl des Speciesbeinamens und die Heimatsangabe handelt.

Aus all diesem erklärt es sich wohl leicht, dass auf die betreffende africanische Pflanze nirgends mehr weiter Rücksicht genommen worden ist, und dass Eranthemum capense L. gelegentlich lediglich auf die zeylanische Pflanze bezogen wurde, wie von Nees in DC. Prodr., welcher diesen Namen, ohne auf die nöthige Ausscheidung der africanischen Pflanze einzugehen, ja indem er sogar das betreffende Citat aus Herm. Parad. beifügt, als Synonym zu Eranthemum montanum Roxb. anführt, mit der Bemerkung: Synon. E. capense haud improbabile, quum haec species [E. mont. Roxb. scil..] sola frequens in insula Zeylon proveniat, et verba Linnaei „tubo corollae longissimo" cum omni descriptione quadrent.

Schon Rob. Brown (Prodr. Flor. Nov. Holl. I, 1810, p. 477 — wiederholt in Röm. & Schult. Syst. I, 1817, p. 173) hat hervorgehoben, dass die Pflanze des Herb. zeylanicum Hermann's, die er im britischen Museum vor sich hatte, das Eranthemum L. und

T. And.), Linostylis (L. fasciculiflora Fenzl = C. Perrottetii Nees, coll. Kotschy pl. aethiop. n. 558) und Chaetacanthus

---

Eranthemum montanum Roxb., am nächsten verwandt erscheint den von Vahl als Justicia nervosa und J. rosea bezeichneten — später Eranthemum nervosum R. Br. und E. roseum R. Br. genannten Pflanzen.

Diese Arten bilden in der That eine besondere Verwandtschaftsgruppe unter jenen Acanthaceen, welche später, und auch bei Nees noch, alle zu Eranthemum gerechnet worden sind (also abgesehen von gewissen durch Linné Mant. alt., 1771, p. 171 eben dahin gebrachten Selagineen und dem von Linné fil. dahin verbrachten Teucrium salsolifolium), und aus welchen von T. Anderson (in Thwaites Enum. Pl. Zeylan., 1860, und in Journ. Linn. Soc., IX, 1867) mit gutem Grunde zwei Gattungen gebildet worden sind. Leider aber hat Anderson dabei die Gattung, welcher ganz unbestreitbar der Name Eranthemum zu erhalten ist, weil sie die zeylanische Pflanze in sich schliesst, mit einem neuen Namen „Daedalacanthus" belegt, anstatt der anderen, für welche ich, weil es verwirrend wäre, auf sie den Namen Daedalacanthus zu übertragen, oben den Namen Pseuderanthemum in Vorschlag gebracht habe, und welche sicherlich nicht als Eranthemum Linn. (wie noch in Benth. Hook. Gen.), vielmehr nur als Eranthemum T. Anders., non Linn., und diess nur mit synonymischer Bedeutung bezeichnet werden kann. Anderson ist zu seinem Verfahren wohl durch das Bestreben geführt worden, dem artenreicheren Theile der Gattung, wie er sie vorfand, den bisherigen Gattungsnamen zu erhalten. Das wäre aber erst dann das Richtige gewesen, wenn kein Theil der Gattung aus früherer Zeit bestimmte Ansprüche auf die betreffende Bezeichnung gehabt hätte. Dem Verfahren von Anderson entsprechend hätte schon für Agathelpis Choisy die Bezeichnung Eranthemum Linn. in Anspruch genommen werden müssen, da es ja zwei Selagineen waren, welche in der Gattung Eranthemum seiner Zeit nur einer und nur eine Theilspecies bildenden Acanthacee gegenüberstanden, und welche zwei Selagineen Linné selbst noch in die Gattung aufgenommen hatte (Mant. alt., 1771, p. 171), während von den Pflanzen, welche Anderson unter „Eranthemum Linn." versteht, keine einzige Linné schon bekannt war.

Zur eigentlichen Gattung Eranthemum Linn. (Daedalacanthus T. Anders.) gehören, so weit ich nach den mir vorliegenden

(Ch. Persoonii Nees = C. Persoonii T. And.), bei der Gattung Echinacanthus (E. attenuatus Nees; Hb. Hort. Calcutt.,

---

Materialien und literarischen Hilfsmitteln beurtheilen kann, die älteren indischen Arten E. montanum Roxb., nervosum R. Br., roseum R. Br., macrophyllum Wall., strictum Colebr., tetragonum Wall., suffruticosum Roxb., purpurascens Nees, Parishii T. Anders. in Hb. Kew. (ex synonymia in Journ. Linn. Soc. IX, p. 489) und die von T. Anderson unter dem Gattungsnamen Daedalacanthus neu aufgestellten indischen Arten E. tubiflorum, splendens, Griffithii, scabrum und microstachyum, ferner die bei Nees und Miquel aufgeführten indisch-malayischen Arten E. viscidum Bl. u. Salaccense Bl.

Zu Pseuderanthemum dagegen sind zu rechnen 1) die von Anderson a. a. O. unter Eranthemum aufgeführten indischen Arten: P. crenulatum, Blumei, album, palatiferum, cinnabarinum, nebst succifolium (E. s. Kurz, Vegetat. Nicobar Islands in Journ. As. Soc. Beng. XLV, 2, 1876, p. 142: „Ex affinitate E. Blumei"; 2) die in Journ. Linn. Soc. Vol. VII, p. 51, 52 und 54 ebenso aufgeführten africanischen Arten: P. Nigritianum, hypocrateriforme und decurrens, sowie Senense (E. Senense Klotzsch); 3) die von Nees unter Eranthemum aufgeführten americanischen Arten: P. alatum, cordatum, hispidulum, cuspidatum, lanceum, verbenaceum, detruncatum, foecundum, macrophyllum, Riedelianum, albiflorum, leptostachyum, tetragonum, modestum, heterophyllum, exaequatum, wie wohl auch als P. roseum das am Amazonenstrome einheimische E. roseum Lind. & Fourn. (in Linden & André L'Illustr. hortic. XXIII, 1876, p. 42, t. 235); 4) die unter Eranthemum in Bot. Mag. Tab. 5405 (1863, von Hook. f.) und Tab. 5467 (1864, von W. Hook.) aufgeführten Arten von den Inseln des stillen Oceans: P. tuberculatum und Cooperi und der gleichen Heimat nach die (nach Morren Belg. hortic. XXVI, 1876, p. 151) in Bull Cat., 1875, p. 6 unter Eranthemum aufgeführten Arten: P. atropurpureum, Moorei, reticulatum und versicolor, ferner tricolor (E. t. in Lebl Illustr. Gartenzeit. XXI, 1877, p. 97, t. 14) und Eldorado (E. E. Hort. Williams, s. Just. Jahresb. für 1877, p. 935); endlich 5) wohl auch die bei Nees oder Miquel unter Eranthemum aufgeführten indisch-malayischen Arten: P. racemosum, Zollingerianum, bicolor (includ. ? E. asperso Hook. f. in Bot. Mag. t. 5711, fid. icon.), Haenckeanum, acuminatissimum, Blumei, diversifolium, paniculatum, wie die bei Nees

coll. Masters, Assam) und bei der zu Ruellia selbst von Bentham fragweise gezogenen Gattung Homotropium (H. erythrorhizon Nees aus Brasilien, H. syphonanthum Nees aus Madagascar).

Eine wesentlich andere Pollenform dagegen, nämlich kugeligen Wabenpollen, wie ihn schon Mohl (1834) Taf. I, Fig. 15 und richtiger Friztsche (1837) Taf. VII, Fig. 7, beide für Ruellia formosa (Arrhostoxylum formosum Nees aus Brasilien?) abgebildet haben, zeigen die Gattungen Spirostigma (S. hirsutissimum Nees, für welche Pflanze nebenbei bemerkt sein mag, dass ich bei Nachuntersuchung des Originales von Nees in Widerspruch mit dessen Angaben und ganz entsprechend der Vermuthung Bentham's in Gen. Pl. II, p. 1077 die Antheren zweifächerig gefunden habe) und Ruellia (R. tetragona Link, Mart. Hb. Fl. bras. n. 458; R. hygrophila Mart., ibid. n. 580; R. ochroleuca Mart.; „R. pulcherrima Soland.", Bourgeau pl. Mexic. n. 703; R. napifolia, culta in Hort. Monac.), sowie die mit Ruellia in Benth. Hook Gen., zum Theile nach dem Vorgange Anderson's, vereinigten Gattungen Dipteracanthus Nees (D. patulus Nees = Ruellia patula Jacq., hier mit einer grösseren Zahl von Poren als bei den vorhergehenden Arten), Cryphiacanthus Nees (C. barbadensis Nees = Ruellia tuberosa L., die Grundlage der Gattung Ruellia bei Plumier und mit Ruellia strepens L. s. Dipteracanthus strepens Nees bei Linné), Stephanophysum Pohl (S. asperulum Mart.), Siphonacanthus Nees (S. villosus Nees = Ruellia villosa Pohl t. Nees in synon.), Stemonacanthus Nees (S. macrophyllus Nees = Ruellia m. Vahl), Arrhostoxylum Mart. (A. acutangulum Mart.) und Eurychanes Nees (E. verbascifolia Nees).

---

oder Bentham (Fl. Austr. IV. p. 555) aufgeführten australischen Arten variabile und tenellum. Für andere fehlen mir die nöthigen Anhaltspunkte um mit einiger Bestimmtheit über die ihnen zuzuweisende Stellung urtheilen zu können.

Nach diesem Befunde mag im Zusammenhalte mit jenem für die vorausgehend betrachteten Gruppen der Ruellieen der Vermuthung Raum gegeben werden, dass Calophanes und Echinacanthus nähere Beziehungen zu den vorzugsweise mit Rippenpollen versehenen Strobilantheen als zu den Euruellieen besitzen möchten, während Pentstemonacanthus mit kugeligem Wabenpollen und Eranthemum L. (Daedalacanthus T. Anders.) mit dem oben (p. 267) schon beschriebenen eiförmig-ellipsoidischen Wabenpollen, dessen 3 Poren in Längsfalten gelegen sind (s. E. montanum Roxb. = Daedalacanthus m. T. And., E. nervosum R. Br. = Daedalacanthus n. T. And. und die Abbildung bei Fritzsche, Taf. VII, Fig. 8, für E. strictum Colebr. = Daedalacanthus s. T. And.) vielleicht ohne Zwang zu den Euruellieen verbracht werden könnten.

Das wären, wie die eine oder andere schon früher angedeutete Veränderung, lediglich den Bestand der Subtribus, deren Grenzen ohnediess keine scharf gezogenen sind, betreffende Verschiebungen, ohne ein Hinaustreten über die Tribus der Ruellieae, deren Glieder in der That durch die Aestivation der Corolle eng miteinander verknüpft erscheinen, wenn dieselbe auch nicht immer, wie ja auch nicht bei den Thunbergieen (s. ob. p. 272), rein gedreht ist, sondern Abweichungen davon bei manchen Hygrophileen, einer Gruppe mit überhaupt oft sehr schmaler Deckung (Arten von Hygrophila etc.), in so fern auftreten, als der vordere Lappen der Krone (Arten von Nomaphila, Brillantaisia) oder überhaupt einer ihrer Lappen (Trichanthera) der innerste wird, während er andererseits bei der fragweise an die Spitze der Euruellieae gestellten Gattung Otacanthus ganz nach aussen gerückt ist, und bei Calacanthus mitunter nur die Mehrzahl der Kronenlappen die gedrehte Knospenlage besitzen soll.[1])

1) Fraglich ist die Art der Aestivation bei Paulo-Wilhelmia, Androcentrum, Macrostegia.

Von diesen Abweichungen in der Knospenlage scheint nur ein kleiner Schritt zu sein zu denjenigen Verhältnissen, welche die Barlerieen in der Deckung der Corolle darbieten. Die Aestivation ist hier nach den Angaben in Benth. Hook. Gen. „verschiedenartig imbricirt, der vordere Lappen öfters von den seitlichen gedeckt", und wie aus den Diagnosen der Gattungen (von welchen Coinochlamys, als zu den Loganiaceen gehörig, ausser Berücksichtigung tritt) zu ersehen, mitunter die seitlichen die äusseren, nie aber rein aufsteigende Deckung vorhanden, wie sie die eigentlichen Justicieen auszeichnet.

Mit Recht scheint mir desshalb Nees, und ebenso Anderson, die Barlerieen unmittelbar den Ruellieen angereiht zu haben, letzterer indem er sie in seiner Subordo der Acanthideae als erste Tribus betrachtet und den Acantheen selbst vorausgehen lässt (s. ob. p. 273).

Diese Stellung scheint auch durch die Beschaffenheit des Pollens bei den Barlerieen gerechtfertiget zu werden, und so mag denn zunächst auch über sie hier in dieser Hinsicht berichtet werden.

Bei den Gattungen Periblema (P. cuspidatum DC.), Barleria (B. Hochstetteri Nees) und Lophostachys (L. patula Mart.) ist der Pollen ziemlich kugelig mit wabiger Oberfläche, ähnlich wie bei Ruellia, aber mit 3 mehr oder minder (Periblema) deutlichen Längsfalten versehen, durch welche die gleichförmig wabige Beschaffenheit der Oberfläche unterbrochen wird, und in deren Mitte je 1 Porus gelegen ist, so dass eine noch grössere Annäherung an den Pollen von Eranthemum L. (Daedalacanthus T. Anders.) als an den von Ruellia sich ergibt.

Noch ziemlich nahe steht diesen Gattungen Crabbea (C. nana Nees, coll. Ecklon), bei welcher in unregelmässig angeordneten, erhabenen Punkten und Linien auf der mit

(3? oder) 4 Poren versehenen Exine noch eine Andeutung wabiger Beschaffenheit erblickt werden kann.

Weiter ab liegt Neuracanthus (N. trinervius Wight), bei welchem die Pollengestaltung ähnlich wie bei Blechum unter den Ruellieen auf die einfachsten Verhältnisse zurückgeführt erscheint. Der Pollen ist hier kugelig und ziemlich glatt, übrigens mit 3 im Aequator liegenden Poren (in kurzen Spalten) wie bei den vorhin genannten Gattungen versehen.

Ein anderes Verhalten zeigt Crossandra, deren Stellnng wohl sicher zu verändern ist, und über welche ich im Anschlusse an die Acantheen berichten werde.

Die Annäherung der Barlerieen an die Euruellieen, wenn wir uns unter dieser Bezeichnung die mit Wabenpollen versehenen Ruellieen vereiniget denken, erscheint demnach als eine sehr weit gehende, so weit, dass eine Unterscheidung nach dem Pollen allein als unmöglich und erst unter Rücksichtnahme auf die Imbrication der Corolle als durchführbar sich darstellt.

Dieses letztere Moment, die Aestivation der Corolle, ist es ohne Zweifel, welches Anderson veranlasst hat, bei den Barlerieen auch die von Nees schon zu denselben gestellte Gattung Lepidagathis (mit deutlich zweilippiger Krone) zu belassen, während Bentham dieselbe an die Spitze der Eujusticieae stellt. Ich muss mich mit Rücksicht auf die Beschaffenheit des Pollens sowohl, als in Hinsicht auf das, was ich über die Aestivation der Corolle zu beobachten Gelegenheit hatte, für die Unterbringung der Gattung bei den Barlerieen entscheiden. Es ist sicherlich ein Irrthum, wenn Bentham angibt, dass von den 3 Lappen der Unterlippe der mittlere der äussere sei, in welchem Falle, da die Oberlippe die innere ist, die Deckung der Krone als eine aufsteigende sich darstellen würde. Ich habe an Blüthenknospen von L. terminalis Hochst., rupestris Wight und radicalis Hochst. den mittleren Lappen der Unterlippe, welcher die Spitze der

Oberlippe überdeckt, an seinen Seitenrändern stets bedeckt gesehen von den seitlichen Lappen, welche überhaupt die äusseren sind, was auch andere Barlerieen auszeichnet und überhaupt nur in der Gruppe der Barlerieen vorzukommen scheint. Was den Pollen betrifft, so stellt sich derselbe als modificirter Wabenpollen dar, länglich-ellipsoidisch, mit 3 vertieften Falten und einem Porus in der Mitte einer jeden. Neben dem etwas vorspringenden Rande der Falten sind die wabig-netzförmigen Erhebungen der Exine am deutlichsten und bilden meist in eine Längsreihe geordnete Maschen (resp. sehr niedere Wabenzellen) von beträchtlicherer Grösse als an den übrigen Stellen, welche anstatt deutlich wabig, wie noch bei L. terminalis, deren Pollen dem von Lophostachys nahe kommt, oft nur mehr fein grubig oder punktirt erscheinen (L. rupestris, prostrata Dalz. und radicalis). So auch bei der von Bentham zu Lepidagathis gezogenen Gattung Teliostachya (T. alopecuroidea Nees). Erwähnen will ich bei dieser Gelegenheit, dass ich, was mit dem Gattungscharakter in Benth. Hook. Gen. nicht in Einklang steht, bei L. terminalis Hochst., coll. Schimper n. 815, 1920, die längeren Staubgefässe weit über den Schlund hervorragend und unter der Oberlippe bis an deren Spitze oder selbst über diese hinaus vorgestreckt und die kürzeren hinteren Staubgefässe nur mit einfächerigen Antheren versehen gefunden habe. Bei den übrigen schon genannten Arten besitzen auch die hinteren Staubgefässe zweifächerige Antheren, aber die Fächer derselben sind viel stärker gegen einander verschoben als bei den vorderen Staubgefässen. Es wäre also, da eine Abtrennung der in Rede stehenden Art von Lepidagathis kaum angezeigt erscheinen dürfte, im Gattungscharakter von Lepidagathis anzugeben: stamina inclusa vel postica exserta und ähnlich wie bei Chameranthemum: antherae staminum posticorum 1—2-loculares.

Gehen wir nun zur Betrachtung der Acantheen über, mit welchen wir diejenige Hälfte der Acanthaceen berühren, bei welchen die Deckung der Krone nie contort, weder rein noch annähernd so, auch nicht mehr, wie namentlich bei den Barlerieen, in verschiedener Weise (von oben nach unten, oder von oben und unten nach der Mitte, oder von den beiden Seiten her) imbricirt, sondern stets, und was sie bei der bisher betrachteten Hälfte der Acanthaceen nie ist, von unten nach oben gehend und fast immer, mit nur einer kleinen Modification nämlich bei den Acantheen und der Gattung Crossandra, „rein aufsteigend" ist, so ist es sicher bemerkenswerth, dass den Gattungen dieser wohl umschriebenen Gruppe (der Acantheen) eine neue, bei keiner Gattung einer der vorhergehenden Gruppen auftretende Pollenform, die dritte Mohl's, der oben so genannte Schalenpollen, zukommt. Ich habe ihn beobachtet bei Acanthus und den zu Acanthus gerechneten Cheilopsis polystachia Nees = A. arboreus Forsk. (t. T. And.) und Dilivaria ilicifolia Pers. = A. ilicifolius L., bei Blepharis, resp. Acanthodium (A. spicatum Delile = Blepharis edulis Pers., A. hirtum Hochst. = Blepharis linariaefolia Pers.), ferner bei Acanthopsis (A. horrida Nees), bei welcher übrigens in so fern eine Modification und gleichsam eine Art Uebergang zu der Pollenform der Andrographideen (Daubenpollen) vorkommt, als die Spalten zwischen den Schalenstücken in der Mitte erweitert und mit dünnen, jedoch nicht wie bei den Andrographideen mit einer besonderen Austrittsstelle für die Pollenschläuche in der Mitte versehenen Exinestücken überdeckt erscheinen.

Den Acantheen nun schliesst sich in der Form des Pollens auf's engste die von Anderson und Bentham bei den Barlerieen untergebrachte, von Nees an die Spitze seiner

Aphelandreae gestellte Gattung Crossandra an. Dieser Anschluss wird auch durch andere Momente unterstützt, namentlich durch die Gestalt und Aestivation der Blumenkrone, welche nach diesen beiden Beziehungen gleichsam das Mittelglied bildet zwischen der Krone der Acantheen und jener der übrigen in Benth. Hook. Gen. der Abtheilung der Eujusticieae einverleibten Aphelandreen, und durch die einfächerigen Antheren, wie sie auch den übrigen Aphelandreen eigen sind, die hinwieder auch in der Beschaffenheit des Pollens mit Crossandra und den Acantheen, und zwar allein unter allen Acanthaceen, übereinstimmen.

All das zusammen spricht ziemlich laut für eine Wiederherstellung der Gruppe der Aphelandreae und ihre Anreihung an die Gruppe der Acantheae, vielleicht unter Hinübernahme der Gattung Crossandra in diese letztere Gruppe selbst.

Bei Crossandra (C. infundibuliformis Nees und C. spec., Hildebrand pl. Zanzibar. n. 2716) ist die Krone rückwärts gespalten und nähert sich so der auf gleiche Weise einlippig gewordenen Krone der Acantheen, nur sind die hinteren Lappen deutlicher ausgebildet als bei dieser. Wie die Gestalt der Krone, so ist auch ihre Aestivation jener der Acantheen zunächst ähnlich, und es ist nicht streng richtig, wenn Bentham angibt, dass der vordere Lappen der Krone der innere, die ihm benachbarten seitlichen die äusseren seien („corollae limbus obliquus, patens, lobis 5 latis retusis imbricatis, 2 posticis saepe minoribus, lateralibus exterioribus, antico intimo"). Es ist vielmehr der seitliche und mit ihm der gleichsam nur ein Anhängsel desselben bildende hintere Lappen der einen Seite auf den Vorderlappen unter Bildung eines Längsbuges herübergeschlagen bis zur gegenseitigen Berührung der Innenflächen und weiter überdeckt von den entsprechend eingeschlagenen zwei Lappen der anderen Seite, das Ganze nun aber nochmal längs der Mittellinie des Vorder-

lappens nach unten zusammengeschlagen, so dass die Hälften des letzteren mit ihren Aussenseiten einander anliegen. Dadurch kommt der Vorderlappen allerdings nach innen zu liegen, das heisst in das Innere des ganzen Convolutes, an dessen Oberfläche er nirgends hervortritt, aber er ist nicht der innere im gewöhnlichen Sinne, in Beziehung nämlich auf die Lage seiner Ränder zu denen der Nachbarlappen. Die Ränder des Vorderlappens sind weder bedeckt von denen der seitlichen Lappen, noch auch decken sie diese. Das Gleiche gilt für die einander zugekehrten Ränder des seitlichen und des hinteren Lappens jeder Seite. Die gegenseitige Lage der Blumenkronentheile ist demnach eine ganz ähnliche wie bei den Acantheen, nur dass bei diesen die hinteren Lappen fast verschwindend klein sind, und dass der vordere Lappen nicht in eine nach unten offene Längsfalte gelegt (reduplicat), sondern flach ist, bis auf die Spitze, welche hier nach oben quer übergebogen erscheint, die anderen Lappen überdeckend.

Bei den nun weiter an Crossandra sich anschliessenden Aphelandreen ist die Deckung der Krone bereits vollständig aufsteigend, wie bei dem ganzen noch weiter zu betrachtenden Reste der Acanthaceen (soweit mir aus Autopsie bekannt und soweit aus den Beschreibungen zu entnehmen) ebenfalls. Dabei ist die Krone der Aphelandreen zum Theile rückwärts noch tief gespalten, aber mit Verkleinerung der seitlichen statt der hinteren Lappen (Aphelandra), zum Theile annähernd zweilippig (Geissomeria) oder präsentirtellerförmig (Stenandrium) mit fast gleich grossen Lappen.

Der Pollen zeigte sich als Schalenpollen, ganz ähnlich dem der Acantheen, wie bei Crossandra (mit der die Nees'sche Aphelandreen-Gattung Polythrix in Benth. Hook. Gen. vereiniget wird), so auch bei Aphelandra (A. macro-

stachya Nees, A. pulcherrimma Kunth), zu welcher Gattung in Benth. Hook. Gen. auch Strobilorhachis Nees und Lagochylum Nees gezogen wird, ferner bei Geissomeria (G. pubescens Nees — vergl. die Abbildung von G. longiflora bei Fritzsche, 1837, Taf. XII, Fig. 7, welche nur im Ganzen etwas zu steif gehalten erscheint) und der damit vereinigten Gattung Salpixantha (S. coccinea Hook.), nur dass bei der letzteren, ähnlich wie unter den Acantheen bei Acanthopsis die Spalten mit besonderen (porenlosen) Exinestücken überkleidet sind, endlich bei Stenandrium Pohlii Nees. Andere Arten der von Bentham zu den Asystasieen gestellten Gattung Stenandrium dagegen, wie S. dulce Nees var. Floridanum Gray, coll. Curtis n. 1945*, und S. trinerve Nees, Lorentz pl. Argentin. n. 47, zeigten eine verschiedene Form des Pollens, ungefähr ähnlich der von Thunbergia chrysops, aber kleiner. Es drängt sich darnach die Frage auf, ob diese Arten nicht auch in anderen Punkten Eigenthümlichkeiten zeigen und vielleicht als eine besondere und anderweitig unterzubringende Gattung sich darstellen möchten. Die Mangelhaftigkeit des betreffenden Materiales nöthigte mich, auf eine weitere Verfolgung dieser Frage zu verzichten. Doch will ich nicht unerwähnt lassen, dass bei Stenandrium Pohlii, von welcher ich nur Blüthenexemplare gesehen habe, ein Rudiment des fünften Staubgefässes zu beobachten war, und dass ich bei einer von Nees als Stenandrium rupestre bestimmten Pflanze von Swartz, an welcher Pollen leider nicht mehr vorhanden war, kahle Samen wahrgenommen habe, was mit dem Gattungscharacter bei Nees und in Benth. Hook. Gen. nicht in Einklang steht. Uebrigens kann ja sehr wohl auch in derselben Gattung bei einer Gruppe von Arten, die vielleicht geeignet erscheint, eine besondere Section oder Untergattung zu bilden, ein eigenthümlicher Pollen auftreten, wie das für Gattungen verschiedener Familien längst bekannt ist und wie auch,

was die Acanthaceen betrifft, schon oben für Thunbergia hervorgehoben wurde und gleich weiter für Asystasia hervorzuheben sein wird.

Aus der Gruppe der Asystasieen lagen mir, wenn ich von der eben besprochenen Gattung Stenandrium absehe, nur Asystasia und Chameranthemum vor, deren Pollen oben (p. 266) unter der Bezeichnung Rahmenpollen nähere Betrachtung gefunden hat. Hier mag noch hinzugefügt sein, dass sowohl dessen Rahmen- als dessen Schalenstücke feingrubig punktirt sind. Er fand sich in der schon oben geschilderten, der Zeichnung von Fritzsche, 1837, Taf. VI, Fig. 12 entsprechenden, eigenthümlich modificirten Weise bei Chameranthemum Beyrichii Nees; in der gewöhnlichen Form bei Asystasia gangetica T. And. (A. coromandeliana Nees & Bojeriana Nees), bracteata Dalz., scandens Hook., Schimperi T. And., nemorosa Nees, chelonoides Nees. Bei Asystasia atroviridis T. And. aber, welche schon Bentham mit A. Neesiana Wall. und A. Parishii T. And. als durch die Länge der Kronenröhre ausgezeichnet hervorhebt, erscheint der Pollen von ganz abweichender Form, kugelig, mit kegelförmigen Warzen, resp. kurzen Stacheln besetzt und mit 4 runden Poren im Aequator, abgesehen von letzteren also ebenfalls, wie der vorhin erwähnte abweichende Pollen gewisser Stenandrium-Arten, dem Pollen von Thunbergia chrysops ähnlich. Vielleicht darf diese Form als eine der Grundformen für die Acanthaceen angesehen werden, auf welche gelegentlich eine Gruppe von Arten unter Aufgebung der ihren Verwandten zukommenden Eigenthümlichkeiten zurückgeht. Einen ganz ähnlichen Pollen, nur von den Polen her stark abgeplattet und so fast kuchenförmig, mit 4 runden, gleichmässig vertheilten Poren im Aequator fand ich bei einer wohl zweifellos als Herpet-

acanthus longiflorus Moric. zu bestimmenden Pflanze aus Brasilien. Es mag darnach wohl die Frage aufgeworfen werden, ob Herpetacanthus, welcher in Benth. Hook. Gen. den Platz vor Aphelandra, bei Nees aber eine Stellung zwischen lauter in Benth. Hook. Gen. zu Justicia gerechneten Gattungen einnimmt, nicht etwa den Asystasieen beizuzählen sein möchte, bei denen auch zum Theile (Arten von Chameranthemum) die hinteren Staubgefässe einfächerige Antheren besitzen, wie Herpetacanthus, von dem überdiess andere Arten, als gerade H. longiflorus, der Darstellung von Nees (in Fl. bras. Fasc. VII, tab. 12) gemäss, auch in der Kronengestaltung (der übrigens ein hoher Werth nicht zukommt) von Asystasia nicht allzuweit abzustehen scheinen. Die imbricirten Bracteen ferner von Herpetacanthus würden in Strobilacanthus, welche Gattung Bentham (fragweise) den Asystasieen eingeordnet hat, ihr Seitenstück finden.

Was die Eranthemeen, oder wie sie nach dem oben (p. 282) Gesagten zu nennen sind, die Pseuderanthemeen betrifft, welche Anderson als eine Unterabtheilung der Asystasieen aufgefasst hat, und mit welchen wir die Reihe derjenigen Acanthaceen mit aufsteigend imbricirter Krone betreten, bei welchen nur mehr 2 Staubgefässe zur Ausbildung gelangen (neben welchen 2 andere höchstens als Staminodien gelegentlich eine kümmerliche Entwicklung finden) — es sind das ausser den Pseuderanthemeen selbst die Andrographideen, die Eujusticieen, aus welchen nach dem Vorhergehenden die in Benth. Hook. Gen. ihnen beigezählten Gattungen mit 4 Staubgefässen auszuscheiden und theils zu den Barlerieen, theils zu den Aphelandreen, theils zu den Asystasieen zu übertragen wären, und die Diclipteren, die letzteren 3 Gruppen durch die (entschieden) zweilippige

Krone von den Pseuderanthemeen unterschieden —, so ist der Pollen von Pseuderanthemum (decurrens, albiflorum, bicolor) und Anthacanthus (spinosus) wohl am besten als eine Modification des Spangenpollens zu betrachten, von kurz ellipsoidischer, annähernd kugeliger Gestalt, in der Regel fein punktirt und darin eigenthümlich, dass die Spangen verhältnissmässig breit und die mit einem Porus versehene Spalte zwischen ihnen schmal und wenig scharf abgegrenzt ist, so dass bald mehr bald weniger ein Uebergang zu dem Daubenpollen der Andrographideen vorzuliegen scheint und andererseits eine Unterscheidung der Pseuderanthemeen von manchen Gattungen der Eujusticieen nach dem Pollen allein nicht mehr mit Sicherheit zu treffen ist.

Von abweichender Beschaffenheit ist der Pollen von Codonacanthus (C. pauciflorus Nees incl. C. acuminat. Nees, cf. T. And.): Kugelig, fein punktirt und im Aequator mit 4 (oder gelegentlich mehr?) verhältnissmässig grossen runden Poren, dadurch und abgesehen von der nicht warzigen Oberfläche an den Pollen von Asystasia atroviridis und Herpetacanthus erinnernd. Vielleicht ist die Gattung besser als bei den Pseuderanthemeen bei den Asystasieen unterzubringen, wohin sie auch T. Anderson mit Rücksicht auf die Gestalt der Krone gerechnet hat. Nees hatte sie ursprünglich geradezu als eine Art der Gattung Asystasia betrachtet (A. pauciflora Nees in Wall. pl. as. rar.).

Ob es sich empfiehlt, die Pseuderanthemeen als eine besondere Gruppe beizubehalten, oder ob sie etwa besser den Eujusticieen einzuverleiben und in der Nähe von Ecbolium, welches T. Anderson seinerseits geradezu als eine Art von Pseuderanthemum (Eranthemum Ecbolium T. And.) angesehen hat, unterzubringen wären, darüber wird sich ein bestimmtes Urtheil erst nach Ausfüllung der betreffenden Lücken in der gegenwärtigen Untersuchung fällen lassen.

Die Andrographideen, für welche (abgesehen von der Bebärtung der Antheren bei den ursprünglich hieher gerechneten Gattungen) die grössere Anzahl der Samen, resp. Samenknospen (in jedem Fache 3 oder mehr) als charakteristisch gegenüber den übrigen Acanthaceen mit zweilippiger Krone und zwei Staubgefässen hervorgehoben wird, zeigen eine übereinstimmende Beschaffenheit des Pollens.

Es ist der oben (p. 267) geschilderte Daubenpollen, welcher ihnen eigen ist.

Die Form desselben ist bald ellipsoidisch oder bauchig-ellipsoidisch — Andrographis Neesiana Wight, A. lobelioides Wight (Erianthera l. Nees), Gymnostachyum alatum Wight (G. febrifugum Benth., coll. Metz ed. Hohenack. n. 374), G. venustum T. And. (Cryptophragmium venustum Nees, coll. Hook. f. & Thoms.); bald annähernd kugelig — Phlogacanthus guttatus Nees, P. pulcherrimus T. And.? (coll. Falconer n. 420, Moulmein) und noch mehr bei einer unvollständig bestimmten, nur als Art der von T. Anderson und Bentham mit Phlogacanthus vereinigten Nees'schen Gattung Loxanthus bezeichneten Pflanze aus den Doubletten des Calcuttaer Herbariums (Kashia Hills, Native Collectors of Bot. Garden Calcutta); bald endlich abgeplattet dreieckig, kissenförmig — Haplanthus verticillatus Nees. Im letzt erwähnten Falle liegen die mit dem Porus versehenen, hier deutlicher am trockenen als am benetzten Pollen sich darstellenden, schmalen Daubenstücke der Exine an den Ecken resp. Kanten, und die sonst bei dreieckigem Querschnitte die Ecken (resp. Kanten) in sich aufnehmenden Schalenstücke, an den Seiten des Dreieckes, der Gesammtgestalt entsprechend verbreitert und, anstatt der Länge nach, querüber etwas zusammengebogen. Die Poren als fixe Punkte betrachtet, erscheinen also hier an dem dreieckigen Querschnitte Ecken und Seiten anders orientirt als gewöhnlich, in ihrer Lage gleichsam vertauscht.

Den oben (p. 268) erwähnten Uebergang zum Spangenpollen zeigt von den eben genannten Arten Gymnostachyum venustum T. Anders.; sehr schwach angedeutete Austrittsstellen für die Pollenschläuche Andrographis lobelioides Wight, mit deren Pollen zunächst unter den Andrographideen der einen Uebergang vom Schalenpollen zum Daubenpollen (wie oben bei den Acantheen erwähnt) darstellende Pollen von Acanthopsis horrida verglichen werden kann, abgesehen von der Gesammtgestaltung.

Die Veränderungen, welche die Gruppe gegenüber ihrem Bestande bei Nees durch T. Anderson und Bentham erfahren hat, und welche in der Einbeziehung der bei Nees zuerst unter den Gendarusseen, dann weit ab unter den Hygrophileen placirten Gattung Gymnostachyum, sowie der damit vereinigten, von Nees ursprünglich bei den Aphelandreen, dann ebenfalls bei den Hygrophileen untergebrachten Gattung Cryptophragmium, ferner der miteinander vereinigten, von Nees früher nebeneinander bei den Aphelandreen, dann bei den Gendarusseen aufgeführten Gattungen Phlogacanthus und Loxanthus bestehen, erscheinen dem Angeführten gemäss durch die Untersuchung des Pollens als vollkommen gerechtfertiget.

Von den Eujusticieen haben die in Benth. Hook. Gen. an die Spitze der Gruppe gestellten Gattungen mit 4 Staubgefässen, soweit mir Vertreter derselben vorlagen, bereits im Vorausgehenden bei jenen Gruppen ihre Betrachtung gefunden, bei welchen ein Anschluss für dieselben nach der Beschaffenheit des Pollens gesucht werden zu dürfen scheint; so Lepidagathis bei den Barlerieen, Herpetacanthus bei den Asystasieen, Aphelandra und Geissomeria als Hauptvertreter der Nees'schen Aphelandreen unmittelbar hinter den Acantheen.

Der Rest der Eujusticieen mit noch 34 (bistaminalen)

Gattungen (n. 80—113 der Anordnung in Benth. Hook. Gen.), welcher die beiden Abtheilungen der Eujusticieen (excl. Rungia) und Graptophylleen von T. Anderson in sich vereiniget und der Hauptsache nach der Nees'chen Tribus der Gendarusseae entspricht, weist zweierlei Pollenformen auf, deren eine ich oben (p. 261) als Dosenpollen (glatten und knötchenbesetzten), deren andere ich (p. 266) als Spangenpollen bezeichnet habe.

Es ist sicherlich bemerkenswerth und ein Fingerzeig für die Bedeutung des Pollens als Kennzeichen der natürlichen Verwandtschaft bei den Acanthaceen, dass die eine dieser Formen, der Dosenpollen, fast ausschliesslich innerhalb einer compacten Gattungsgruppe vorkommt, welche bei Benth. Hook. nach bestimmten Charakteren der Antheren („stamina 2, antheris 2-locularibus, loculo altero majore v. altius affixo — in Jacobinia loculi saepe subaequales") aus den Gattungen n. 92—101 gebildet erscheint, und zwar bei fast allen diesen Gattungen und ihren aus früheren selbständigen Gattungen gebildeten Theilen. Es entspricht diese Gruppe so ziemlich der der Eujusticieen von T. Anderson. Vielleicht lässt sich dieselbe unter Zuhilfenahme anderer Charaktere ohne Zwang so umgestalten, dass sie nur mehr Gattungen (und in diesen nur mehr Arten) mit Dosenpollen in sich schliesst, und nahezu alle derartigen Gattungen. Auszuscheiden wäre dann die erst von Bentham, nicht auch schon von T. Anderson in diese Gruppe aufgenommene, mit Spangenpollen versehene Gattung n. 99, Rhinacanthus, und gewisse Theile der von Bentham vielleicht zu sehr erweiterten Gattungen n. 93, Justicia (nämlich die Sectionen 9: Anisostachya und 10: Rhaphidospora) und n. 101, Jacobinia (nämlich die Section 2: Pachystachys), welche ebenfalls mit Spangenpollen versehen sind, und auf welche ich, wie auf Rhinacanthus, nach Betrachtung der Diclipterеae zurückkommen werde. Einzutreten

hätten dagegen vielleicht die Gattungen n. 86 Glockeria, n. 91 Chaetothylax (resp. Heinzelia ovalis) und die früher bei den Thunbergieen, von Bentham aber bei den Diclipteren untergebrachte Gattung n. 114 Clistax. Nicht untersucht sind von wesentlicheren Theilen der erwähnten Gattungsgruppe n. 92—101 die aus den früheren Gattungen Harnieria und Sarotheca in Benth. Hook. Gen. gebildeten Sectionen 6 und 11 von Justicia.

Die Arten nun, welche aus der in Rede stehenden Gattungsgruppe n. 92—101 als Untersuchungsmaterial dienten und übereinstimmend Dosenpollen, und zwar grösstentheils Knötchen-Dosenpollen zeigten, sind im Folgenden unter Vorsetzung der Nummer und des Namens der Gattung, zu welcher sie in Benth. Hook. Gen. gerechnet werden oder gerechnet zu werden scheinen, aufgeführt. Ich füge ihren Namen kurze Angaben über die Besonderheit ihres Pollens (d. h. über die Oberflächenbeschaffenheit und, wo nöthig, auch über die Gestalt der mit den Poren versehenen Seiten, sowie über die Zahl dieser Seiten, resp. Poren) bei. Es sind das:

n. 92, Schwabea: S. ciliaris Nees (Monechma hispidum Hochst.), glatt (d. h. knötchenlos), mit 2 Poren.

n. 93, Justicia: Sect. 1, Hemichoriste: J. montana Wall. (Hemichoriste m. Nees), glatt mit 3 Poren.

Sect. 3, Betonica: J. Betonica L. (Adhatoda B. Nees), glatt, mit 3 Poren.

Sect. 4, Gendarussa: J. Gendarussa L. (Gendarussa vulgaris Nees), glatt, mit 3 Poren.

Sect. 5, Rostellaria: Justicia palustris T. And. em. (Gendarussa palustris Hochst., Adhatoda palustris Nees), Kotschy it. nub. n. 80, glatt, mit 3 Poren; Rostellaria sexangularis Hochst. (Adhatoda Kotschyi Nees), Kotschy it. nub. n. 283, mit Knötchen und 2 Poren, wohl sicher verschieden von der vorhergehenden Adhatoda palustris Nees, zu welcher von

T. Anderson Adhatoda Kotschyi als Synonym gezogen wird; Justicia calcarata Hochst. (J. neglecta T. And., Adhatoda Rostellaria Nees), Schimper it. abyss. n. 106, mit Knötchen und 2 Poren (die Knötchen links und rechts vom Porus in 2 Reihen); Justicia lithospermifolia Jacq. (Adhatoda l. Nees), mit Knötchen und 2 Poren; Justicia capensis Thunb. (Adhatoda c. Nees), mit Knötchen und 2 Poren; Justicia diffusa Willd. (Rostellaria diffusa Nees, Justicia purpurea L. t. Nees in DC. Prodr. XI, p. 438), mit Knötchen und 2 Poren.

Sect. 7, Monechma: Justicia debilis Vahl (Monechma bracteatum Hochst.), mit Knötchen und 2 Poren.

Sect. 8, Amphiscopia: A. Beyrichii Nees, mit Knötchen und 2 Poren.

Sect. ? : Justicia hygrophiloides F. Müll., mit Knötchen und 2 Poren.

n. 94, Siphonoglossa: S. sessilis Örst. (Rhytiglossa s. Nees), mit Knötchen und 2 Poren.

n. 95, Beloperone: B. hirsuta Nees, mit Knötchen und 2 Poren (die Knötchen in je 2 Reihen zu beiden Seiten des Porus); B. nemorosa Nees (Justicia n. Swartz, Justicia formosa Willd., Exemplare von Swartz und aus dem Münchener Garten), mit Knötchen und 3 Poren. Erwähnt sei auch B. oblongata nach Fritzsche, 1837, Taf. VIII, Fig. 1, mit Knötchen und 2 Poren.

n. 96, Isoglossa: I. ciliata Örst. (Rhytiglossa c. Nees, Ecteinanthus divaricatus T. And.), kreisrund, scheibenförmig flach, (s. ob. p. 262), mit Knötchen und 2 Poren; I. glandulosa Örst. (Rhytiglossa g. Hochst.), ebenso; I. angusta Benth. in B. H. Gen. (Ruellia angusta Boj., Rhaphidospora a. Nees in DC. Prodr. XI, p. 155, Clinacanthus a. Nees ibid. p. 511), ebenso; I. ? tenella m. [1]) (Rhaphidospora tenella T. And. fid.

1) Die Pflanze zeigt grosse Aehnlichkeit mit Isoglossa angusta, viel grössere als mit den mir vorliegenden Arten von Rhaphidospora;

Cat. Kew. Hb. Griff. n. 6164, Bengalia), kreisrund und gewölbt, mit Knötchen und 2 Poren.

n. 97, Anisotes: A. trisulcus Nees, mit Knötchen und 2 Poren.

n. 98, Adhatoda: A. Vasica Nees (Justicia Adhatoda L.), mit Knötchen und 2 Poren (gross; die Knötchen am eintrocknenden Pollen am besten zu sehen); A. cydoniaefolia Nees, mit Knötchen und 2 Poren (die Knötchen annähernd in je 2 Reihen zu beiden Seiten des Porus).

(n. 99, Rhinacanthus: s. im Folgenden bei den Gattungen mit Spangenpollen.)

n. 100, Dianthera: Rhytiglossa humilis Nees, mit Knötchen und 2 Poren; Rhytiglossa symphyantha Nees, ebenso, aber kleiner; Rhytiglossa pectoralis Nees, ebenso; Jacobinia ciliata Nees (Dianthera sp., B. H. Gen. II, p. 1114), leg. Moritz Wagner in Panama, det. Griseb., mit Knötchen und 2 Poren; Sericographis rigida Nees (Dianthera sp. ?, B. H. Gen. II, 1114, 1115), mit Knötchen und 2 Poren (breit ellipsoidisch, nicht flach).

n. 101 Jacobinia: Cyrtanthera Pohliana v. β Mart., mit Knötchen und 2 Poren (gross, die Knötchen zahlreich und in mehrere Reihen geordnet); Libonia floribunda C. Koch = Sericographis pauciflora Nees fid. B. H. Gen. p. 1115, cult. in Hort. Mon., mit Knötchen und 2 Poren (breit elliptisch, wie schon oben p. 262 erwähnt, flach, die Knötchen in je 2 Reihen zu beiden Seiten des Porus); Sericographis acuminata Nees, mit Knötchen und 2 Poren (von den Knötchenseiten her nur schwach abgeplattet, fast cylindrisch, aber kurz; die Knötchen in je 2 Reihen zu beiden Seiten des Porus); Sericographis Mohintli Nees = Drejera Willdenowiana Nees fid. B. H. Gen. p. 1115, mit Knötchen und 2 Poren (fast cylindrisch und dadurch dem Schalen-

sie mag desshalb und wegen der analogen Beschaffenheit des Pollens fragweise als Isoglossa? tenella hieher gestellt sein.

pollen der Acantheen ähnlich, gross; die Knötchen zahlreich und in mehrere Reihen geordnet).

Wenn wir diese Reihe überblicken, so tritt als bemerkenswerth hervor, dass der Knötchenpollen fast immer (mit Ausnahme nämlich von Beloperone nemorosa) mit nur 2 Poren versehen erscheint, der glatte Dosenpollen dagegen überwiegend mit 3 Poren (ausser nämlich bei Schwabea ciliaris).

Ob nicht das Vorkommen dieser beiden Pollenformen innerhalb der Gattung Justicia im Sinne von Anderson und Bentham (vergl. die Sectionen 1, 3 und 4, sowie J. palustris aus Sect. 5 mit dem Reste) als ein Fingerzeig dafür anzusehen sei, dass dieselbe in Benth. Hook. Gen. zu weit gefasst und auch nach allenfallsiger Abtrennung der schon oben erwähnten Theile mit Spangenpollen (Anisostachya, Rhaphidospora) wenigstens noch in 2 Gattungen zu spalten sei, deren artenreichere mit Knötchenpollen dann den Namen Justicia behielte, während für die andere Gendarussa Nees unter entsprechender Erweiterung adoptirt werden könnte, mag künftiger Erwägung anheim gestellt sein.

Durch seine stärkere Wölbung und ein schmales ringförmiges Gürtelstück, sowie fast warzen- oder stachelförmige Ausbildung der Knötchen eigenthümlich ist unter den kreisrunden, scheibenartigen Formen des Dosenpollens, wie sie für die Gattung Isoglossa, zum Theil mit sehr schwacher Ausbildung der Knötchen, beobachtet wurden, der Pollen von Isoglossa? tenella m.

Ihm nähert sich sehr der gedunsen kuchenförmige, fas vollständig kugelige Pollen von Glockeria (G. gracilis Nees, vgl. ob. p. 264), einem in Benth. Hook. Gen. unter n. 86 bei jenen Eujusticieen untergebrachten Genus, welche sich durch einfächerige Antheren auszeichnen und welche ausserdem, wenigstens soweit das mir vorliegende Material reicht, Spangenpollen besitzen. Vielleicht ist dieselbe, wie schon im Vorausgehenden, p. 302, ausgesprochen wurde, in die

gegenwärtig in Betrachtung stehende Gruppe (der Gattungen 92—101) herüberzunehmen.

Günstig für diese Herübernahme erscheint der Umstand, dass auch n. 91 Chaetothylax, von der ich freilich nur die mit Chaetothylax umbrosus Nees in Benth. Hook. Gen. identificirte Heinzelia ovalis Nees in einem (nach allen Charakteren wirklich hieher gehörig erscheinenden) Exemplare von Widgren aus dem Regnell'schen Herbare des botanischen Museums zu Stockholm untersuchen konnte, Knötchendosenpollen mit 2 Poren und Knötchen in je 2 Reihen zu beiden Seiten des Porus besitzt. Chaetothylax ist schon in Benth. Hook. Gen. mit Rücksicht auf die ebenda hervorgehobene Eigenthümlichkeit, dass bei ihr (und zwar gelegentlich bei ein und derselben Art) bald nur 1 Antherenfach ausgebildet erscheint, bald auch ein zweites (sei es nur rudimentär, sei es vollkommen) als eine die Gattungen n. 93 Justicia und n. 95 Beloperone enge mit n. 80 Monothecium, also die gegenwärtig in Betrachtung stehende Gruppe der Gattungen n. 92—101 mit der durch einfächerige Antheren ausgezeichneten Gattungsgruppe n. 80—90 verknüpfende Gattung angesehen und desshalb zwischen diese beiden Gruppen gestellt worden. Dem Pollen nach erscheint sie aber nicht so fast mit Monothecium als mit Glockeria aus der eben erwähnten Gruppe verwandt, und das macht sie geeignet, indem sie selber ihrer Pollenbeschaffenheit gemäss in die Gruppe n. 92—101 vollständig herübertritt, auch die Gattung Glockeria mit sich herüberzuziehen.

Der hier in Betrachtung stehenden Reihe schliesst sich in der Gestaltung des Pollens sehr nahe noch die Gattung Clistax an. Doch ist der länglich elliptische, zweiporige Pollen auch dieser Gattung (wie seinerseits der von Glockeria) eigenthümlich in so fern, als er gleichsam eine Zwischenform zwischen glattem und knötchenbesetztem Dosenpollen darstellt, indem die Knötchen desselben fast stärker auf der

inneren als auf der äusseren Seite der Exine vorspringen. Auch für diese Gattung wird somit die Bestimmung ihrer Stellung noch weiterer Erwägung offen zu erhalten sein. Mit der eben berichteten Beobachtung über den Pollen stimmt übrigens gut überein, was Bentham über die Blüthen und die Staubgefässe der hieher gehörigen Arten bemerkt: „Flores fere Adhatodae; stamina 2; antherae biloculares, loculis discretis parallelis muticis aequalibus v. altero paullo altius affixo" (B. H. Gen. II, p. 1120). Involucrirende Hochblätter und daneben mehr oder minder weit gehende Reduction des Kelches finden sich in so verschiedenerlei Gruppen der Acanthaceen (Thunbergieae, Petalidieae, Barlerieae, Diclipteae) bei allen oder einzelnen Gattungen, dass es nicht Wunder zu nehmen brauchte, wenn das auch bei den Eujusticieen gelegentlich vorkäme.

Den bisher betrachteten bistaminalen Gattungen der Eujusticieen im Sinne von Benth. Hook. Gen., auf welche man vielleicht ähnlich, wie das ursprünglich bei Anderson der Fall war, die Bezeichnung Eujusticieae einschränken oder die ältere Bezeichnung von Nees Gendarusseae (excl. gen.) anwenden könnte, stehen nun als eine zweite Gruppe, für welche man die Anderson'sche Bezeichnung Graptophylleae wieder herstellen könnte, die übrigen Gattungen der bistaminalen Eujusticieen im Sinne von Benth. Hook. Gen. gegenüber, welche alle, soweit mir Materialien davon vorlagen, die oben (p. 266) als Spangenpollen bezeichnete Pollenform aufwiesen, mit gewöhnlich kurz ellipsoidischer Gestalt und je drei Poren. Es sind das (nach der Reihenfolge der Gattungen in Benth. Hook. Gen., wie für die vorige Gruppe geordnet):

A. Aus der Abtheilung mit einfächerigen Antheren, n. 80—91:

n. 80, Monothecium: M. glandulosum Hochst. (Rostellaria g. Nees), mit breiten Spangen.

n. 82, Ruttya: Haplanthera speciosa Hochst., gross, ellipsoidisch, braun gefärbt und mit grossen, genäherten Spangen.

(n. 86, Glockeria und

n. 91, Chaetothylax sieh im Vorhergehenden bei den Gattungen mit Knötchen- Dosenpollen.)

B. Aus der Abtheilung mit zweifächerigen Antheren, n. 102—113:

n. 102, Harpochilus: H. Neesianus Mart., mit fast netzförmiger und auf den Spangen Punktkreise darstellender Zeichnung.

n. 104, Schaueria: Sch. calycotricha Nees, typischer Spangenpollen von ellipsoidischer Gestalt, mit ziemlich breiten Spangen; Sch. virginea Nees.

n. 105, Anisacanthus: A. virgularis Nees (Justicia quadrifida Vahl, Justicia coccinea Cav.), gestreckt, mit breiten Spangen.

n. 110, Ecbolium: E. Linnaeanum Kurz (Justicia Ecbolium Linn.), fast kugelig.

n. 111, Graptophyllum: G. hortense Nees (Justicia picta L.), ellipsoidisch.

n. 112, Thyrsacanthus: T. multiflorus Nees, kurz ellipsoidisch.

Mit den Graptophylleen stimmen in der Gestaltung des Pollens die Diclipteren, die letzte Gruppe der Acanthaceen so vollständig überein, dass die Frage nicht unangemessen erscheint, ob dieselben nicht besser bloss als eine zweite, stets oder in der Regel durch besonderes Verhalten der Bracteolen, das aber nicht dieser Gruppe ausschliesslich eigen ist (s. p. 307), ausgezeichnete Hälfte der Graptophylleen, oder doch nur als eine diesen gleichwerthige Gruppe, wie bei Anderson, zu betrachten seien, statt, wie in Benth. Hook. Gen., als eine den vereinigten und erweiterten Eujusticieen und Graptophylleen Anderson's, sowie den Andrographideen,

den Pseuderanthemeen u. s. w. gleichwerthige Gruppe aufgefasst zu werden. Fast alle Gattungen derselben, welche mir vorlagen, zeigten Spangenpollen mit 3 Poren, nur Rungia mit 2 Poren (wobei ich hier von der schon oben rücksichtlich Veränderung ihrer Stellung besprochenen Gattung Clistax absehe). Die untersuchten Pflanzen sind:

Rungia latior Nees, mit 2 Poren, die Spalten zwischen den Spangen und Schalenstücken sehr fein, am befeuchteten Korne weniger deutlich als am trockenen zu sehen;

Dicliptera chinensis Juss. (Justicia ch. Linn.); D. martinicensis Juss. (Justicia m. Jacq.), coll. Hahn n. 143; D. cuneata Nees, Hb. Hook. f. &. Thoms.; D. micranthes Nees (D. spinulosa Hochst.), coll. Schimp. n. 509; D. sparsiflora Nees in DC. Prodr. (Dactylostegium sparsiflorum Nees in Fl. bras.); D. assurgens Juss. (Sectio Dactylostegium Nees in DC. Prodr.; Justicia assurgens Linn.);

Peristrophe bicalyculata Nees;

Hypoëstes aristata Soland. ed. Röm. & Sch.; H. latifolia Hochst.; H. pulchra Nees; H. verticillaris Soland. ed. Röm & Sch.

Wesentliche, besonders hervorzuhebende Modificationen kamen dabei nicht zur Beobachtung.

Mit den Graptophylleen und Diclipteren nun stimmen in der Beschaffenheit des Pollens — als Spangenpollen nämlich — auch jene Acanthaceen überein, welche oben bei der Betrachtung der Eujusticieen (engeren Sinnes) als wahrscheinlich an anderem, als dem von Bentham ihnen angewiesenen Platze unterzubringende Gattungen und vielleicht wieder selbständig zu machende Gattungstheile aufgeführt worden sind, nämlich Rhinacanthus, die unter Justicia inbegriffenen Nees'schen Gattungen Anisostachya und Rhaphidospora und die zu Jacobinia gebrachte Gattung Pachystachys Nees.

Rhinacanthus (R. communis Nees), welche Gattung ebenso bei Anderson wie bei Nees eine ganz andere Stellung einnimmt als bei Bentham, von Anderson nämlich den Dicliptereen, von Nees mit Justicia L. nach seiner Auffassung (unter Zugrundelegung von J. Ecbolium L., d. i. Ecbolium Linnaeanum Kurz, womit auch die weiter von ihm aufgestellten 8 Arten nach T. Anderson in Thwaites Enum. Pl. Zeyl. p. 235 zu vereinigen sind) und einer zweifelhaften Gattung Sericospora Nees den Pseuderanthemeen eingefügt wird, scheint in der That nahe Verwandtschaft mit Ecbolium zu besitzen. Auch bei Ecbolium nämlich ist eine, wenn auch geringe Ungleichheit der Antherenfächer vorhanden, und besitzt das längere Fach sogar auch eine Spur eines sogenannten Dornspitzchens an der Basis, dessen Anwesenheit und Ausbildungsgrad übrigens als Merkmal der natürlichen Verwandtschaft bisher weit überschätzt worden zu sein scheint; die Staubgefässe sind wie bei Rhinacanthus an der Spitze der langen Kronenröhre inserirt; die Unterlippe der Krone ist wie bei Rhinacanthus tief dreitheilig.

Pachystachys (P. asperula Nees, Wullschlägel pl. antiguan. n. 445, Hahn pl. martinicens. n. 568) ist allem Anscheine nach, wie das schon Nees durch die unmittelbare Anreihung an Schaueria zum Ausdrucke gebracht hat, näher mit Schaueria verwandt als mit Cyrtanthera, mit und hinter welcher sie in Benth. Hook. Gen. als ein Theil von Jacobinia aufgeführt wird. Es spricht sich das in der Gestaltung der Antheren aus, welche bei Pachystachys nur mehr pfeilförmig als bei Schaueria, übrigens wie hier vollständig symmetrisch, d. h. mit gleichgestalteten und ohne Verschiebung am Connectiv befestigten Fächern versehen sind, ein Umstand, auf welchen auch in Benth. Hook. Gen. wiederholt mehr oder minder deutlich hingewiesen ist, einmal in der Bemerkung zu Schaueria p. 1116 und weiter, indem in der Gattungsübersicht p. 1069 für Jacobinia als Ausnahme von

dem betreffenden, der Asymmetrie der Antheren entnommenen Gruppencharakter angeführt wird „loculi saepe subaequales", was nach Ausscheidung von Pachystachys aus dieser Gattung kaum mehr nöthig sein dürfte. Weiter spricht sich die nahe Verwandtschaft von Pachystachys mit Schaueria in der tieferen, bis zur Mitte gehenden Theilung der Unterlippe aus, und in der tieferen Insertion der Staubgefässe, in welch' letzterem Stücke aber Arten von Schaueria selbst (S. virginea) Abweichung zeigen. Die Spangen des Pollens sind bei Pachystachys mitunter schiefstehend und etwas spiralig gewunden, bei manchen unregelmässig gestalteten, an einem Ende breiteren Körnern gewissermassen einen Uebergang zu den Rippen der Trichanthereen und den Spiralbändern der Thunbergieen darstellend.

Was die unter Justicia von Bentham als Section 9 und 10 aufgeführten Gattungen Anisostachya und Rhaphidospora betrifft, so begnüge ich mich, darauf hinzuweisen, dass beide schon bei anderen Autoren (die eine bei Anderson, die andere bei Nees) eine wesentlich andere, mit ihrer Pollenbeschaffenheit, wie mir scheint, besser in Einklang stehende Stellung erhalten hatten. So lässt Anderson Anisostachya am Ende seiner Eujusticieae unmittelbar auf Rungia folgen, welche jetzt zu der von ihm daran angereihten Gruppe der Diclipteren, wie auch bei Nees schon, gestellt wird. Den Diclipteren eingereiht war weiter bei Nees auch die von Anderson und Bentham zu Justicia gezogene Gattung Rhaphidospora (abgesehen von der oben p. 303, Anmerk., fragweise zu Isoglossa gebrachten Rh. tenella Anders.). Der Pollen beider Gattungen verlangt übrigens nicht mit gleicher Entschiedenheit wie bei Rhinacanthus und Pachystachys eine Aenderung ihrer jetzigen Stellung. Derselbe kann als eine Art Uebergangsform zwischen glattem Dosenpollen und Spangenpollen angesehen werden, indem die Spangen mehr als flache, fast glatte und in der Nähe des Porus zusammenhängende

Rippen ausgebildet sind. Nach dem Aussehen im trockenen Zustande, sowohl bei Anisostachya Bojeri Nees als bei Rhaphidospora abyssinica Nees (Justicia glabra König var. pubescens T. Anders.) und Rh. glabra Nees (Justicia glabra König) möchte er übrigens immerhin am besten als Spangenpollen zu bezeichnen sein.

So weit konnte ich an dem mir verfügbaren Materiale die Untersuchung über den systematischen Werth der Pollengestaltung bei den Acanthaceen führen.

Als Hauptresultat derselben ist, wie schon eingangs (p. 275) bemerkt, hervorzuheben, dass in den meisten der untersuchten Fälle aus der Beschaffenheit des Pollens allein schon die Bestimmung der Tribus oder Subtribus oder einer noch engeren Gattungsgruppe, zu welcher die betreffende Pflanze gehört, möglich war, in manchen auch die Bestimmung der Gattung selbst. Eine Erweiterung und Befestigung dieses Ergebnisses ist von einer Vervollständigung der Untersuchung unter Ausdehnung derselben auf die hier fehlenden Gattungen und auf sämmtliche Arten jeder Gattung nach den bisherigen Erfahrungen zweifellos zu erwarten.

In einigen wenigen Fällen zeigten sich eigenthümliche, von der Regel abweichende Verhältnisse. So in der Gruppe der Petalidieen bei Blechum; in der Gruppe der Barlerieen bei Neuracanthus; in der Gruppe der Aphelandreen bei Stenandrium zum Theile (S. dulce, trinerve); in der Gruppe der Asystasieen bei Asystasia zum Theile (A. atroviridis); Aehnliches bei der vielleicht in dieselbe Gruppe zu stellenden Gattung Herpetacanthus; ferner in der Gruppe der Pseuderanthemeen bei Codonacanthus. Auf deren Werthbestimmung und Beurtheilung rücksichtlich ihres Verhältnisses zu den normalen Vorkommnissen, wie das für die gleichfalls eigenthümlichen Vorkommnisse bei Thunbergia chrysops, Hawtaynii und den Arten von Mendoncia in der

Gruppe der Thunbergieen an anderer, mehrfach erwähnter Stelle (Abh. d. naturw. Ver. z. Bremen, VIII, p. 420) mit Rücksicht auf die vermittelnde Stellung von Pseudocalyx versucht worden ist, wird erst nach einer Durchforschung des gesammten Materiales eingetreten werden können. Nach jeder Hinsicht scheint von einer solchen für eine künftige Bearbeitung der Acanthaceen den aus dieser lediglich orientirenden Untersuchung gewonnenen Resultaten gemäss wesentlicher Vortheil erwartet werden zu können.

Soll ich, ohne auf die eben erwähnten Ausnahmen und sonstige Einzelheiten Rücksicht zu nehmen, im Grossen und Ganzen das Resultat der Untersuchung zusammenfassen und den systematischen Werth der Pollenbeschaffenheit bei den Acanthaceen übersichtlich darlegen, so ist zu betonen, dass fast jede der Hauptgruppen durch eine besondere Pollenform ausgezeichnet ist. So zeigen die Thunbergieen vorwiegend Furchenpollen, die Nelsonieen Faltenpollen, die Hygrophileen und Strobilantheen Rippenpollen, die Petalidieen und Trichanthereen modificirten Rippenpollen, die Euruellieen und Barlerieen Wabenpollen, die Acantheen, welche den Uebergang bilden zu der zweiten Hälfte der Acanthaceen (mit aufsteigender Deckung der Blumenkrone), und die Aphelandreen Schalenpollen, die Asystasieen Rahmenpollen, die Andrographideen Daubenpollen, die Pseuderanthemeen (Eranthemeae autor.) eine Uebergangsform zwischen Dauben- und Spangenpollen, die Graptophylleen und Diclipterеen Spangenpollen, endlich die Eujusticieen im engeren Sinne (wie bei Anderson) glatten oder knötchenbesetzten Dosenpollen.

Was die Methode der Untersuchung anbelangt, über welche zum Schlusse noch eine Bemerkung hinzugefügt sein mag, so wurden die einer möglichst reifen Anthere

entnommenen Pollenkörner zunächst in wenig Wasser gebracht und ohne Deckglas bei einer zwei- oder dreihundertfachen Vergrösserung (Seibert System 5 und Ocular 0 oder 1) untersucht, wobei dem Beschlagen der Objectivlinse durch vorhergehendes Erwärmen der Fassung mit der Hand oder durch zeitweises Entfernen des Objectes entgegengewirkt wurde. Während das Wasser allmählig verdunstet und zunächst nur von den höher gelegenen Theilen der Pollenkörner sich zurückzieht, treten am deutlichsten jene feineren Verhältnisse des Baues und der Oberflächenbeschaffenheit hervor, um deren Beobachtung es sich handelt, deutlicher als an dem ganz in Flüssigkeit liegenden oder ganz von Luft umgebenen Korne. Nach geschehener Beobachtung der wieder ausgetrockneten Pollenkörner wurden dieselben abermals befeuchtet und nun durch Beifügen von Glycerin aufgehellt, ferner, wo es nöthig war, durch Rollen und Drücken unter dem Deckglase allseitiger und eingehender Besichtigung zugänglich gemacht. In vielen Fällen wurde auch die bekannte Einwirkung der Schwefelsäure zur Isolirung der Exine, sowie noch stärkere Vergrösserung zu Hilfe genommen. Dass man trachten muss, voll ausgebildete Pollenkörner zur Untersuchung zu erhalten, ist selbstverständlich. Bei beschränktem Materiale ist das nicht immer leicht zu erreichen. An geöffneten Blüthen mit reifen Antheren findet man die letzteren gewöhnlich entleert, sei es dass sie schon vor dem Trocknen oder erst während desselben aufgesprungen sind. An ungeöffneten Blüthen kann man reifen Pollen nur erwarten, wenn die Blüthe der Entfaltung sehr nahe gestanden war. In solchen Blüthenknospen aber sind, auch wenn sie äusserlich unverletzt erscheinen, gerade die Antheren oder doch ihr Inhalt häufig von Insekten zerstört, von welchen dem reifen Pollen der Acanthaceen ganz besonders, und mehr als den anderen Blüthentheilen nachgestellt zu werden scheint.

Herr W. v. Beetz legte eine Mittheilung von F. Kohlrausch, corresp. Mitglied, vor:

„Ueber einige Bestimmungsweisen des absoluten Widerstandes einer Kette, welche einen Erdinductor und ein Galvanometer enthält."

Wilhelm Weber hat zwei Verfahren der absoluten Widerstandsmessung mit seinem Erdinductor gegeben. Das eine, welches ein Galvanometer mit weiten Windungen benutzt, ist neuerdings von ihm und Zöllner ausgeführt worden.[1]) Von dem anderen Verfahren mit engem Galvanometer hat Weber eine Probe in seiner Abhandlung „Zur Galvanometrie" gegeben.[2]) Später habe ich dasselbe im magnetischen Observatorium zu Göttingen zu einer absoluten Bestimmung der Quecksilbereinheit gebraucht.[3])

Dieses letztere Verfahren ist, wie ich glaube, einiger vorteilhafter Abänderungen fähig.

1. Die ursprüngliche Form besteht darin, dass ausser dem Ausschlage, welchen ein Inductionsstoss der Galvanometernadel erteilt, die Dämpfung der Nadel durch den Multiplicator beobachtet und mittels der letzteren im Verein

1) W. Weber und F. Zöllner, Sitz.-Ber. der k. sächs. Ges. d. Wiss. 1880, S. 77.

2) Abhandl. d. k. Gesellschaft d. Wiss. zu Göttingen, Bd. X.

3) Poggendorff, Annalen, Erg.-Bd. VI, S. 1.

mit der Schwingungsdauer und dem Trägheitsmoment die Galvanometerfunction abgeleitet wird.

Es bedeute

F die Windungsfläche des Inductors,
H die horizontale erdmagnetische Componente,
K das Trägheitsmoment der Nadel,
t ihre Schwingungsdauer,
λ ihr logarithmisches Decrement,
α ihren Ausschlag durch einen Inductionsstoss, ohne die Dämpfung.[1])

Dann ist, von kleineren Einflüssen abgesehen, der Widerstand der Kette gegeben durch

$$w = \frac{8}{\pi^2} \frac{F^2 H^2}{\alpha^2} \frac{\lambda t}{K} \qquad \text{I.}$$

Die Schwierigkeiten dieses Verfahrens waren beträchtlich. Ueber die Fehlerquellen der Ausmessung einer Windungsfläche, welche letztere obendrein im Quadrate auftritt, ist seitdem von mehreren Seiten gehandelt worden. Auch die Horizontalcomponente des Erdmagnetismus tritt in der zweiten Potenz auf und endlich ist das Trägheitsmoment eine nur schwierig genau zu bestimmende Grösse.

Ich glaube, dass die von mir ausgeführte Messung einer Windungsfläche auf galvanischem Wege[2]) diese Bestimmung wesentlich erleichtert. Das Trägheitsmoment wird sich nach

---

1) Wie α bestimmt wird, ob durch einen einzelnen Stoss, ob durch Multiplication oder durch Zurückwerfung, welche letztere bei der Weber'schen Methode angewandt wurde, braucht nicht festgestellt zu werden.

2) Gött. Nachr. 1882, S. 654; Wiedemann, Annalen Bd. XVIII, S. 513. 1883. Neuerdings habe ich zur Tangentenbussole eine Glasscheibe mit aufgezogenem Kupferdrahte benutzt. Ein solcher Kreis lässt sich in sehr grossen Dimensionen ausführen. Die Nadel ist auf einem leichten Spiegel befestigt, der selbst als Töpler'scher Luftdämpfer wirkt.

Erfahrungen, die ich in der letzten Zeit gemacht habe, vielleicht auf einem anderen Wege, nämlich mittels bifilarer Aufhängung bequemer auswerten lassen als durch das Gauss'sche Belastungsverfahren. Jedenfalls lässt das letztere sich auf diesem Wege controliren. Es wird endlich Sache des Versuchs sein, festzustellen, ob die verschiedenen jetzt vorliegenden Methoden der Messung des Erdmagnetismus zu hinreichend übereinstimmenden Ergebnissen führen.

2. Es ist möglich, das Trägheitsmoment zu eliminiren, indem man statt dessen eine andere Grösse bestimmt, nämlich das Product MH, wo

M den Nadelmagnetismus bedeutet.

Zu diesem Zwecke bringt man den Stab in eine ostwestlich orientirte bifilare Aufhängung und misst die Ablenkungen, wie ich in Wiedemann's Annalen XVII, S. 765 beschrieben habe.

Insofern nun

$$K = \frac{t^2}{\pi^2} \cdot (MH),$$

so wird

$$w = 8 \frac{F^2 H^2}{\alpha^2} \frac{\lambda}{t} \frac{1}{(MH)} \qquad \text{II.}$$

Die Beziehung kann zur Controle der ersten Methode, namentlich betreffs des Trägheitsmomentes dienen.

3. Eine gründlichere Umgestaltung des Ausdruckes I, durch welche nicht nur das Trägheitsmoment herausfällt, sondern auch der Erdmagnetismus aus der zweiten in die erste Potenz versetzt wird und nun obendrein nur im Verhältnis zum Nadelmagnetismus vorkommt, folgt aus II ohne weiteres, wenn man Nenner und Zähler durch H teilt. Dann wird

$$w = 8 \frac{F^2}{\alpha^2} \frac{H}{M} \frac{\lambda}{t} \qquad \text{III.}$$

Das Verhältniss H/M ist bekanntlich durch Ablenkungen verhältnismässig leicht zu bestimmen.

Allerdings muss der erdmagnetische Inductionscoëfficient des Stabes bekannt sein.

Ein astatisches Nadelpaar zu gebrauchen, wie bis jetzt bei der Methode I geschah, wird hier kaum möglich sein. Man wird wohl ein Galvanometer von sehr grossen Dimensionen mit einfacher Nadel anwenden.

4. Eine fernere wesentliche Abänderung des Verfahrens lässt sich einführen, wenn man die Galvanometerfunction anstatt aus der Dämpfung durch Vergleichung mit einem Galvanometer von bekannter Function ermittelt, ähnlich wie bereits von Dorn geschehen ist.[2])

Freilich wird hier nicht die dynamische Galvanometerfunction C, sondern die statische c bestimmt. Es ist

$$C = M \cdot c = \frac{\pi^2}{t^2} \frac{K}{H} c.$$

Nun ergibt sich aus dem Neumann'schen Grundgesetz der Magnetoinduction und aus der Bewegungsgleichung einer gedämpften Nadel nach Weber[1]), wenn man wie oben von Correctionsgliedern absieht,

$$\lambda = \frac{1}{2w} \frac{t}{K} \cdot C^2 = \frac{\pi^4}{2} \frac{1}{w} \frac{K}{t^3} \frac{c^2}{H^2}.$$

Dies in I eingesetzt liefert

$$w = 2\pi \frac{F}{\alpha} \frac{c}{t}. \qquad \text{IV.}$$

Der Ausdruck enthält alle Grössen nur in erster Potenz und ist vom Trägheitsmoment und vom Erdmagnetismus unabhängig. In der Ausführung tritt allerdings noch das Ver-

1) W. Weber, Zur Galvanometrie S. 21, wo F = C/K zu setzen ist.

2) E. Dorn, die Reduction der Siemens'schen Einheit auf absolutes Maass. Wied. Ann. XVII, 775, 1882.

hältnis der erdmagnetischen Intensitäten an dem Orte des Inductors und des Galvanoskopes herein. Dieses Verhältnis lässt sich auf dem von mir der k. bayerischen Akademie im Januar d. Js. vorgelegten Wege genau ermitteln.[1])

5. Endlich erhält man aus dem obigen Ausdruck für λ noch

$$w = \frac{\pi^2}{2} \frac{c^2}{\lambda t} \frac{M}{H} \qquad V.$$

unabhängig von dem Erdinductor.

Durch die verschiedenen hier vorgeschlagenen Bestimmungsweisen ist also die Möglichkeit gegeben, die sämmtlichen einzelnen beobachteten Grössen durch andere zu ersetzen, ohne an der angewandten Kette eine Aenderung eintreten zu lassen. Diese Möglichkeit ist von grosser Bedeutung bei einer Messung, welcher man, wie die Erfahrung gezeigt hat, sich im höchsten Grade kritisch gegenüberstellen muss.

Schliesslich bemerke ich noch, dass die beiden unter 4 und 5 erwähnten Methoden in der Hauptsache bereits von Weber angegeben sind, mit dem Unterschiede allerdings, dass die Galvanometerfunction bei ihm aus den Dimensionen des Multiplicators berechnet wird, während wir dieselbe empirisch bestimmen wollen.

1) Vgl. auch Wiedemann, Annalen XIX. 130. 1883.

Herr Bauer bespricht und legt vor:

a) eine Abhandlung „Ueber die Hesse'sche Determinante der Hesse'schen Fläche einer Fläche dritter Ordnung,"

welche in die Denkschriften aufgenommen wird; ferner:

b) eine Abhandlung „Von den gestaltlichen Verhältnissen der parabolischen Curve auf einer Fläche dritter Ordnung."

In der Reihe von Modellen von Flächen dritter Ordnung, durch deren Herausgabe Herr Rodenberg sich ein sehr wesentliches Verdienst um das Studium dieser Flächen erworben hat, befindet sich ein Modell (Mod. Nr. 7 der Reihe, das eine sogenannte „inverse" Fläche mit drei Knoten darstellt), auf welchem die parabolische Curve unrichtig verzeichnet ist und in der von Herrn Rodenberg seinen Modellen beigegebenen Erklärung ist der Verlauf der Curve auch der Zeichnung auf dem Modelle gemäss beschrieben. [1]) Diess

1) Herr Rodenberg sagt nämlich daselbst S. 17: „Letztere Linien (Verbindungslinien zweier Knoten) zählen als parabolische Curve wiederum doppelt, der Rest besteht aus 7 Ovalen, welche elliptisch gekrümmte Partien einschliessen. Von diesen Ovalen ist eins zum isolirten Punkt geworden, in welchem sich drei unäre Geraden kreuzen. Die übrigen Ovale werden durch die drei Seitentheile der Hesse'schen Fläche ausgeschnitten, je zwei berühren eine Gerade der parabolischen Curve.

gibt mir Veranlassung, hier einige Bemerkungen über den Verlauf der parabolischen Curve auf einer Fläche dritter Ordnung mit Knotenpunkten folgen zu lassen.

1. Bei einer allgemeinen Fläche mit 27 reellen Geraden gibt es bekanntlich ein Doppelsechs von Geraden mit imaginären Asymptotenpunkten, während die übrigen 15 Geraden reelle Asymptotenpunkte besitzen.[1]) Indem wir die jetzt übliche Bezeichnung der Geraden beibehalten, wie sie auch auf den Rodenberg'schen Modellen in Anwendung gekommen ist, bezeichnen wir die 12 Geraden mit imaginären Asymptotenpunkten durch

$$\begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1' & 2' & 3' & 4' & 5' & 6', \end{matrix}$$

während die 15 übrigen Geraden durch je zwei Zahlen 12, 13, . . . 56 bezeichnet sind. Diese letzteren 15 Geraden bilden auf der Fläche 15 Dreiecke; unter diesen gibt es 10, welchen je eines der 10 Ovale eingeschrieben ist, aus denen die parabolische Curve der allgemeinen Fläche mit 27 Geraden besteht,[2]) während die 5 übrigen Dreiecke keine solche Ovale einschliessen, und wenn die Fläche in eine Diagonalfläche übergeht, die Pentaederebenen derselben bestimmen. Wir wählen die Indices der Geraden so, dass diese 5 Dreiecke durch die Geraden

$$\left.\begin{matrix} 12, 34, 56 \\ 13, 25, 46 \\ 14, 26, 35 \\ 15, 24, 36 \\ 16, 23, 45 \end{matrix}\right\} \text{A}$$

gebildet werden, welche Bezeichnung nach dem Vorgange Klein's auch von Rodenberg beibehalten ist. Dann erhält

1) F. Klein, Ueber Flächen dritter Ordnung. Math. Ann. VI, § 11.
2) F. Klein a. a. O.

man die Geraden, welche die 10 Dreiecke bilden, welchen Ovale der parabolischen Curve eingeschrieben sind, indem man in den Dreiecken A die Indices von irgend zweien ihrer Geraden auf andere Weise combinirt, nämlich

$$\left.\begin{array}{ll} 12, 35, 46; & 12, 36, 45, \\ 13, 26, 45; & 13, 24, 56, \\ 14, 25, 36; & 14, 23, 56, \\ 15, 23, 46; & 15, 26, 34, \\ 16, 24, 35; & 16, 25, 34. \end{array}\right\} \text{B.}$$

Auf der Diagonalfläche werden diese Tripel von denjenigen Geraden gebildet, die sich zu dreien in einem „Ovalpunkt" schneiden und die Diagonalebenen des Pentaeders der Fläche bestimmen. Vertauscht man andererseits die Indices zweier Geraden in einem der Dreiecke B auf die zwei möglichen Arten, so erhält man ein anderes Dreieck B und ein Dreieck A. Wir werden von dieser Bemerkung im Folgenden mehrfach Gebrauch machen.

2. Nehmen wir nun an, dass auf der Fläche sich ein Knotenpunkt bilde, so ist sofort ersichtlich, dass auf jeder Geraden, welche durch den Knoten hindurchgeht, die zwei Asymptotenpunkte im Knoten zusammenfallen müssen, da jede Ebene durch die Gerade gelegt aus der Fläche eine Curve ausschneidet, von welcher ein Schnittpunkt in den Knotenpunkt fällt. Die auf der Geraden von den Paaren der Schnittpunkte gebildete Involution wird eine „parabolische."

Hieraus folgt, dass die zwei Ovale, welche die Gerade in ihren Asymptotenpunkten berühren, im Knotenpunkt zusammenstossen und daselbst die Gerade zur gemeinsamen Tangente haben.

Ein Knotenpunkt der Fläche bildet sich durch Zusammenziehen einer der „Durchgänge" oder „Oeffnungen" der Fläche. Durch jede dieser Oeffnungen der Fläche verläuft

ein Doppelsechs, welches sechs Gerade mit reellen Asymptotenpunkten und sechs mit imaginären Asymptotenpunkten enthält. Sei

$$\begin{array}{cccccc} i & k & l & np & mp & mn \\ kl & il & ik & m' & n' & p' \end{array}$$

ein solches Doppelsechs, wo i k l m n p die Indices 1 . . . 6 in irgend einer Reihenfolge bezeichnen. Wir werden, wie es seit dem Vorgange Klein's üblich ist, ein solches Doppelsechs durch

$$(ikl)$$

bezeichnen und falls es durch eine Oeffnung der Fläche verläuft, auch diese Oeffnung, sowie den Knoten, der durch Zusammenziehung dieser Oeffnung entsteht, durch dieses Symbol bezeichnen. Ein Doppelsechs dieser Art enthält von jedem der Dreiecke A und B entweder je zwei Seiten oder keine. Denn enthält das Dreieck z. B. die Seite i k, so enthält es noch eine der Geraden m p, n p, m n und es gibt also drei Dreiecke mit der Seite i k, nämlich

$$\begin{array}{ccc} ik & mn & lp \\ ik & mp & nl \\ ik & np & ml, \end{array}$$

welche zwei Gerade des Doppelsechses enthalten. Man sieht daher, dass es unter den 15 Dreiecken A und B 9 Dreiecke gibt, von welchen je zwei Seiten dem Doppelsechs angehören und zwar sind darunter drei Dreiecke A und sechs Dreiecke B. Die sechs übrigen Dreiecke vom Typus

$$\begin{array}{ccc} im & kn & lp \\ im & kp & ln \end{array}$$

enthalten keine Gerade des Doppelsechses. Darunter sind zwei Dreiecke A und vier Dreiecke B.

Zieht sich nun eine Oeffnung der Fläche zum Knoten zusammen, so gehen die Geraden des betreffenden Doppelsechses durch den Knotenpunkt und fallen hiebei paarweise

zusammen, und zwar fallen diejenigen Geraden, welche vorher nicht in einer Ebene lagen, also diejenigen, welche im Schema unter einander stehen, zusammen, indem zwei Gerade, welche in einer Ebene liegen, bei ihrem Zusammenfallen zur Verbindungslinie von zwei Knoten werden.[1]) Die sechs Knotenstrahlen gehören nach dem Obigen paarweise drei Dreiecken A und paarweise sechs Dreiecken B an, indem jede dieser Geraden zu zwei Dreiecken B gehört. Die sechs Ovale der parabolischen Curve, welche diesen Dreiecken B eingeschrieben sind, werden zu Schleifen an dem Knotenpunkt in der Weise, dass die Geraden, welche ein erstes Oval im Knoten berühren, daselbst Tangenten sind an einem zweiten und dritten Oval; die zweiten Tangenten am Knoten dieses zweiten und dritten Ovals berühren daselbst zugleich ein viertes und fünftes Oval und die beiden andern Tangenten dieser letztern Ovale am Knoten sind daselbst Tangenten des sechsten Ovals. Wenn sich mithin ein Knoten bildet, so vereinigen sich sechs Ovale der parabolischen Curve zu einem paaren Zug mit sechsfachem Punkte im Knoten.[2]) Vier Dreiecke B mit den Ovalen, welche sie einschliessen, bleiben von der Knotenbildung unberührt. Die ganze parabolische Curve besteht mithin noch aus fünf paaren Zügen.

Jede der sechs Schleifen, in welche die Ovale um den Knoten ausgeartet sind, wird noch von einer dritten Geraden berührt, welche nicht durch den Knoten geht. Diese dritten Seiten der Dreiecke B, welchen die Schleifen einbeschrieben sind, bilden die zwei Dreiecke A, von denen keine Seite durch den Knoten geht und welche gleichsam den Knoten von beiden Seiten abschliessen.[3])

---

1) Klein a. a. O. § 9.

2) Dass die parabolische Curve den Knotenpunkt zum sechsfachen Punkt hat, hat schon Schläfli in seiner grossen Abhandlung „über Flächen dritter Ordnung“ (Phil. Trans. 1863. vol. 153) erwähnt.

3) Zeuthen „Études des propriétés de situation des surfaces

3. Die Fläche enthält 10 Durchgänge oder Oeffnungen. [1]) Nach der gewählten Bezeichnung sind dieselben

(135), (146), (245), (236);
(123), (156), (345);
(124), (256), (346).

Wenn wir das Rodenberg'sche Modell Nr. 1 der Diagonalfläche zu Grunde legen, so stellen die vier ersteren die vier Arme dar, welche den mittleren Theil der Fläche mit den äussern Theilen verbinden; ich will sie die „innern" Oeffnungen nennen; die drei in zweiter Reihe stehenden, die sofort sichtbaren Oeffnungen der Fläche darstellend, nenne ich die „äussern" Oeffnungen; die drei in letzter Reihe stehenden erstrecken sich auf dem Modell durch das Unendliche.

Welche von den Oeffnungen wir nun zum Knoten zusammenziehen, immer erhalten wir wesentlich dieselbe Figur für die parabolische Curve. Ziehen wir eine der innern Oeffnungen z. B. (146) zum Knoten zusammen, so haben wir eine Fläche I mit einem Knoten nach der Bezeichnung von Klein und Rodenberg. Die zwei den Knoten abschliessenden Dreiecke A sind hier

36, 24, 15
12, 34, 56.

Auf dem ersteren stehen die drei Schleifen, welche auf dem mittleren Theil der Fläche liegen; die drei Schleifen auf dem äusseren Theile stehen auf dem zweiten Dreieck. (Hiebei geht der mittlere Schleifen über den Rücken des an den Knoten stossenden Flügels der Fläche durch das Unendliche und berührt 12 von unten kommend.)

---

cubiques", Math. Ann. VIII, p. 15, bezeichnet dieselben beiden Dreiecke A als die „Oeffnung" abschliessend, aus welcher der Knoten entstanden.

1) Klein, a. a. O. § 13 Anm., Rodenberg „Erklärungen" p. 5.

Wir erhalten aber eine Curve derselben Art, wenn wir eine äussere Oeffnung z. B. (123) zusammenziehen. Die beiden den Knoten abschliessenden Dreiecke sind hier

$$\begin{matrix} 15, 24, 36 \\ 14, 26, 35; \end{matrix}$$

im Wesentlichen ist nichts geändert.

4. Wird der Knoten durch Trennung aufgelöst, so geht die Fläche in eine Fläche II mit 15 Geraden über, unter welchen 9 Gerade mit reellen Asymptotenpunkten sich befinden. Die Geraden durch den Knoten sind imaginär geworden und schliessen daher die Schleifen der parabolischen Curve nicht mehr ein; die drei Schleifen auf der einen Seite des Knoten, sowie die drei Schleifen auf der andern Seite desselben fliessen an dem dem Knoten benachbarten Theile zusammen, die vorderste Kuppe in einem Zuge umschliessend und mit den drei Ausbuchtungen sich auf die Seiten je eines der den Knoten abschliessenden Dreiecke A stützend. [1]) Hierzu kommen noch vier Ovale, vier Dreiecken B eingeschrieben, so dass die ganze parabolische Curve aus sechs paaren Zügen besteht.

---

1) Diese beiden Curvenzüge werden auch bei weiterer Deformation der Fläche immer, vermöge ihrer Lage auf der Fläche, ihre Entstehung aus je drei Schleifen mehr oder weniger deutlich erkennen lassen, und es würde kein richtiges Bild von dem Verlaufe dieser Curventheile geben, wollte man sie analog den vier andern Theilen der Curve als Ovale bezeichnen, die nun eben je einem Dreieck A eingeschrieben sind (wie Zeuthen a. a. O. p. 9 und Rodenberg „Erklärungen" p. 18). Dieses ersieht man, wenn man z. B. den in Nr. 3 betrachteten Knoten (146) durch Trennung auflöst, oder auch, wenn man den Knoten (135) bildet und sodann trennt und bemerkt, dass der untere Zug den Knoten umgebend mit seinen Ausbuchtungen die Geraden 12, 34, 56, der obere die Geraden 16, 23, 45 berührt.

5. Wir bilden nun eine Fläche mit zwei conischen Knoten, indem wir zwei, nicht benachbarte, Oeffnungen [1]) der Fläche zu Knoten zusammenziehen. Wie Herr Rodenberg gezeigt hat, entsteht nämlich durch das gleichzeitige Zusammenziehen zweier benachbarter Knoten immer ein biplanarer Punkt [2]), womit ein Zerfallen des Pentaeders und hiemit auch eine Degeneration der parabolischen Curve verbunden ist. Wir gehen hier auf diese besonderen Singularitäten nicht ein. Zwei nicht benachbarte Oeffnungen haben nun in ihrer oben (n° 2) angeführten Bezeichnung immer nur eine Ziffer gemeinsam, während zwei benachbarte Oeffnungen zwei Ziffern in ihrer Bezeichnung gemeinsam haben. [3]) Es seien daher

$$(ikl)\ ,\ (imn)$$

die zwei Oeffnungen, die zu Knoten werden, wo wie oben i k l m n p die sechs Indices 1 bis 6 bezeichnen. Es fallen dann die Geraden

$$i\ p'\ kl\ mn$$

in der Verbindungslinie der Knoten zusammen und das Dreieck

$$kl,\ mn,\ ip \qquad (1)$$

verschwindet. Dieses Dreieck ist immer ein Dreieck B. Denn wenn wir von den in Nr. 3 angegebenen 10 Oeffnungen der Fläche irgend zwei wählen, welche nicht benachbart sind und mithin nur eine Ziffer in ihrer Bezeichnung gemein haben, so bezeichnen die zwei Paare der übrigen Ziffern immer Gerade, wie sie im Schema B beisammen stehen. Mit dem Zufallen der Geraden k l, m n verschwindet mithin

---

1) Rodenberg, Erklärungen zu den Modellen p. 6.
2) Ebendaselbst p. 20.
3) Ebendaselbst p. 8.

auch ein Oval der parabolischen Curve. Aber jede dieser beiden Geraden k l, m n gehören noch zwei Dreiecken, nämlich

$$\left.\begin{array}{lll} k\,l & m\,i & n\,p \\ k\,l & m\,p & n\,i \end{array}\right\} \quad \text{und} \quad \left\{\begin{array}{lll} m\,n & k\,i & l\,p \\ m\,n & k\,p & l\,i \end{array}\right. \qquad (2)$$

an, von welchen je eines ein Dreieck A das andere ein Dreieck B sein muss.

Die Seiten dieser Dreiecke umfassen alle durch die zwei Knoten gehenden Geraden und zwar gehen in jedem dieser vier Dreiecke, abgesehen von den zusammenfallenden Geraden k l, m n, je eine Seite durch den einen Knoten und die andere durch den andern Knoten. Die Ovale, welche den zwei Dreiecken B unter diesen vier Dreiecken eingeschrieben sind, gehen mithin ebenfalls durch die beiden Knoten und berühren daselbst die Seiten ihrer Dreiecke. Sie zerfallen daher in die Seite k l, resp. m n und je einen Curvenzweig, welcher die zwei Knoten verbindet. Die Verbindungslinie der zwei Knoten, als zu zwei zerfallenen Ovalen gehörig, zählt mithin zweifach als Theil der parabolischen Curve. Die zwei Curvenzweige aber, die Knoten verbindend, schliessen einen elliptisch gekrümmten Theil der Fläche ein.

Wir sahen früher, dass in jedem Knotenpunkt sechs Dreiecke B zusammenstossen. Die bisher betrachteten drei Dreiecke B, nämlich (1) und die zwei Dreiecke B in (2), sind den beiden Knoten gemeinschaftlich; die vier durch einen Knoten gehenden Geraden gehören mithin noch drei Dreiecken B an und es schliessen sich mithin an die die Knoten verbindenden Curvenzweige an jedem Knoten drei Schleifen an, von welchen eine Schleife auf derjenigen Seite des Knotens, auf welcher die verbindenden Curvenzweige laufen, liegt, die zwei andern

Schleifen aber auf der andern Seite des Knotens verlaufen. (Das Oval (1), welches man als auf den einen Asymptotenpunkt auf ip reducirt ansehen kann, vertritt die dritte äussere Schleife). Die parabolische Curve bildet also einen paaren Zug durch die beiden Knoten, der jeden dieser Punkte zum vierfachen Punkt hat. [1])

Aus (1) ergeben sich noch die zwei Dreiecke

$$\left.\begin{matrix} ip & km & ln \\ ip & kn & lm \end{matrix}\right\} \qquad (3)$$

gebildet von den fünf Geraden mit reellen Asymptotenpunkten, die nicht durch die Knoten gehen. Das eine dieser Dreiecke ist nothwendig ein Dreieck A, das andere ein Dreieck B (n° 1). Letzteres enthält noch ein Oval, das von der Knotenbildung unberührt geblieben ist und die gemeinsame Gerade ip der zwei Dreiecke in dem Punkte berührt, der harmonisch liegt zu dem Durchschnittspunkte mit der Knotenlinie kl (mn). Die zwei andern Seiten dieses Dreiecks B berühren die beiden Schleifen, welche an den zwei Knoten auf der Seite der dieselben verbindenden Curvenzweige liegen. Die zwei andern Schleifen aber an dem einen und andern Knoten stützen sich auf zwei Seiten des Dreiecks A (3) in deren Asymptotenpunkten, während die dritte, den beiden Dreiecken (3) gemeinschaftliche, Seite ip seine Asymptotenpunkte in dem Berührungspunkt des Ovals in dem Dreieck B (3) und in dem Durchschnitt mit der Verbindungslinie kl (mn) der Knoten besitzt.

Bilden wir z. B. durch Zuziehung der innern Oeffnungen die Knoten

$$(146),\ (245),$$

so ist die Fläche nach Klein-Rodenberg'scher Bezeichnung

---

1) Schläfli, Philos. Trans. Vol. 153, p. 210.

eine I mit zwei Knoten. Die Verbindungslinie der Knoten ist

$$25 - 16;$$

die zwei Dreiecke (3) sind

34, 12, 56 (A)
34, 15, 26 (B)

Die zwei Curvenzweige, welche die Knoten verbinden, laufen über den mittleren Theil der Fläche; auf eben demselben liegt noch eine Schleife am ersten Knoten, 15 berührend und eine am zweiten Knoten, 26 berührend. Die Schleifen auf den äussern Theilen der Fläche, stehen auf den Geraden 12, 56 des Dreiecks A und zwar lauft an dem Knoten (146) die eine zwischen den Geraden 14, 23 zur Berührung mit 56, die anderen zwischen den Geraden 35, 46 über den Rücken des anstossenden Flügels zur Berührung mit 12 (von unten); am Knoten (245) die eine Schleife zwischen 36, 45 zur Berührung mit 12, die andere zwischen 13, 24 über den Rücken des anstossenden Flügels zur Berührung mit 56 (von unten kommend).

Wir erhalten aber im Wesentlichen ganz dieselbe Curve, wenn wir eine äussere und eine innere Oeffnung zu Knoten werden lassen z. B.

(123), (245),

in welchem Fall die Dreiecke (3)

26, 14, 35 (A)
26, 15, 34 (B)

sind, oder, wenn wir zwei äussere Oeffnungen z. B.

(123), (345)

zu Knoten zusammenziehen, in welchem Falle die Dreiecke (3)

36, 15, 24 (A)
36, 14, 25 (B)

sind. Der Verlauf der Curven ist immer, übereinstimmend mit der allgemeinen Darlegung, in allen Fällen derselbe.

6. Löst man einen der zwei Knoten durch „Verbinden“ auf, so ziehen sich die zwei Ovale, welche die, die zwei Knoten verbindenden, Curvenzweige bildeten, wieder als Schleifen an den bestehen bleibenden Knoten; zugleich treten die zwei Geraden k l, m n, welche zusammengefallen waren, wieder auseinander und es bildet sich zwischen denselben wieder ein Oval, dem Dreieck (i p, k l, m n) eingeschrieben als sechste Schleife des Knotens. Man sieht, dass dieses letztere Oval sich als Schleife von dem einen Knoten zum andern zieht, wenn man bald den einen, bald den andern Knoten durch Verbinden auflösst, wobei die vorher vereinigt liegenden Geraden k l, m n nach verschiedenen Richtungen auseinandertreten. Es kann hiebei das Oval von der einen Seite der Geraden i p, auf welche es sich stützt, auf die andere übertreten. Bilden wir z. B. in dem Modell Nr. 1 die zwei Knoten

(135), (146),

so fallen die zwei Geraden 35, 46 zusammen; das Dreieck (12, 35, 46) verschwindet, sowie das Oval, das es einschliesst. Löst man nun den obern Knoten (146) durch Verbinden auf, so erscheint das Oval wieder als Schleife am Knoten (135), die Gerade 12 von oben berührend; löst man aber den untern Knoten (135) auf, so erscheint das Oval als Schleife am obern Knoten (146), die Gerade 12 von unten berührend. Es ist auch klar, dass ein Oval bei allmähliger Deformation der Fläche nur dann auf die andere Seite einer Geraden, welche es berührt, übergehen kann, wenn es vorher durch Knotenbildung und dadurch bedingtem Zusammenfallen von Geraden, sich auf den Asymptotenpunkt der Geraden zusammengezogen hat.

Lösen wir einen der zwei Knoten

(i k l), (i m n)

durch Trennung auf (Fläche II mit einem Knoten), wobei

die Geraden k l, m n als imaginäre Gerade sich trennen, so wird ebenfalls das Oval, welches bei dem Zusammenfallen von k l und m n verschwunden war, wieder sich bilden; denn der Asymptotenpunkt auf i p ist reell geblieben, und an diesem berührt die Gerade einen reellen Zug der parabolischen Curve. Das Oval wird aber nun i p auf Seite des getrennten Knotens berühren und mit den andern Zügen um denselben zusammenfliessen (n° 4). Der zwischen den zwei Knoten sich hinziehende elliptisch-gekrümmte Flächentheil fliesst mit der Schleife des getrennten Knotens, welche auf derselben Seite desselben liegt, zusammen, und bildet eine für drei Ovale zählende Schleife am nicht getrennten Knoten.

Löst man die beiden Knoten durch Trennen auf, so geht die Fläche in die Art III mit 7 Geraden über. Es bleiben nämlich nur die fünf Geraden der zwei Dreiecke (3) (n° 5) und die zwei Geraden i′, p mit imaginären Asymptotenpunkten reell. Man ersieht leicht, wie sich hier die parabolische Curve gestalten wird. Das Oval dem Dreieck B (3) eingeschrieben bleibt erhalten. Der auf dem mittleren Theile der Fläche zwischen den zwei die Knoten verbindenden Curvenzweigen liegende elliptisch gekrümmte Flächenstreifen fliesst mit den zwei Schleifen, welche an den Knoten auf derselben Seite liegen, in der Nähe der Knoten zusammen und es bildet sich so aus vier Ovalen ein Curvenzug, die Kuppen der getrennten Knoten umschliessend. Ebenso fliessen an jedem der beiden Knoten die zwei auf der andern Seite desselben liegenden zwei Schleifen zusammen den getrennten Knoten von der andern Seite umgebend. Zu diesen kommt noch das Oval, welches dem Dreieck (i p, k l, m n) eingeschrieben durch Zusammenfallen der Seiten k l, m n verschwunden war und bei dem Trennen der Knoten sich wieder bildet. Die zwei Geraden k l, m n trennen sich hiebei als punktirt-imaginäre Gerade, da sie mit i p eine reelle Ebene bestimmen. Der gemeinsame reelle Punkt dieser

Geraden, Berührungspunkt der Ebene mit der Fläche muss nothwendig auf einem elliptisch-gekrümmten Theil derselben liegen; dieser Theil berührt ip in einem der Asymptotenpunkte.

7. Wir ziehen jetzt drei nicht benachbarte Oeffnungen der Fläche zu Knoten zusammen. Seien

$$(ikl),\ (imn),\ (kmp)$$

die drei Knoten, dann fallen die Geraden

$$kl \text{ und } mn,\ in \text{ und } kp,\ il \text{ und } mp \qquad (1)$$

paarweise in der Verbindungslinie des 1. und 2. Knotens, des 2. und 3. und des 3. und 1. Knotens zusammen. Durch den 1. Knoten gehen noch die Geraden

$$ik,\ np,$$

durch den 2. Knoten die Geraden

$$im,\ lp,$$

und durch den 3. die Geraden

$$km,\ ln.$$

Es bleiben nur noch die drei Geraden

$$km,\ lm,\ ip \qquad (2)$$

übrig, welche nicht durch die Knoten gehen. Während wir nun bei Flächen mit zwei Knoten sahen, dass die fünf unären Geraden mit reellen Asymptotenpunkten immer ein Dreieck A und ein Dreieck B bildeten und sich daher nur ein Typus für die parabolische Curve ergab, welche zwei Oeffnungen der Fläche auch zu Knoten zusammengezogen wurden, haben wir hier zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem das von den unären Geraden 2) gebildete Dreieck ein Dreieck A oder ein Dreieck B ist.

Betrachten wir zunächst den Fall, in welchem das Dreieck 2) ein Dreieck A ist, dann folgt hieraus sofort, dass die Dreiecke

kl, nm, ip; kn, li, mp; in, lm, kp; (3)
km, ln, ip; kn, lp, im; ik, lm, np; (4)

Dreiecke B sind. Die drei Dreiecke 3), je eines der Paare 1) als Seiten enthaltend, verschwinden und hiemit verschwinden auch die Ovale, welche sie einschliessen; die Dreiecke 4) enthalten je zwei Seiten, welche durch einen der Knotenpunkte hindurchgehen und die Ovale, welche sie einschliessen und diese Geraden im Knoten berühren, verwandeln sich mithin in Schleifen der parabolischen Curve; dieselben gehen respective durch den 1., 2., 3. Knoten und berühren je eine Seite des Dreiecks 2).

Ausser den Dreiecken 2), 3), 4) haben wir noch folgende acht:

il, mn, kp | kl, im, np; in, lp, km; mp, ik, ln; (5)
kl, in mp | mn, lp, ik; kp, im, ln; il, mk, np; (6)

und vermöge des Gesetzes, nach welchem die Dreiecke A und B in ihrer Bezeichnung von einander abhängen (n° 1), erkennt man leicht, dass entweder die Dreiecke 5) sämmtlich Dreiecke A sind und die Dreiecke 6) Dreiecke B sind oder umgekehrt. Die beiden Fälle sind nicht verschieden. Zuerst ersieht man, dass die ersten Dreiecke in den beiden Reihen zusammenfallen mit dem Knotendreieck. Die in den Verbindungslinien der Knoten zusammenfallenden Geraden bilden also in dem hier betrachteten Falle immer zugleich ein Dreieck A nnd ein Dreieck B. Das Oval aber diesem Dreieck B eingeschrieben zerfällt in die drei Seiten des Dreiecks; d. h. das Knotendreieck stellt selbst ein Oval der parabolischen Curve dar. Nehmen wir an die Dreiecke 5) seien die Dreiecke B, so gehört mithin jede der Geraden il, mn, kp zwei Dreiecken B an, nämlich einem Dreieck 3) mit zusammenfallenden Seiten und dem Knotendreieck. Ebenso gehören die Seiten kl, in, mp, welche mit ihnen zusammenfallen noch je einem zweiten Dreieck B an; diess sind die

drei andern Dreiecke 5). Von diesen gehen die zwei anderen Seiten immer durch zwei verschiedene Knoten hindurch; so ist z. B. das Dreieck k l, i m, n p von der Verbindungslinie des ersten und zweiten Knotens gebildet, einer Geraden n p durch den ersten und einer Geraden i m durch den zweiten Knoten. Die Ovale diesen Dreiecken eingeschrieben zerfallen mithin in eine Verbindungslinie zweier Knoten und einen Curvenzug der die zwei Knoten, ausserhalb des Bereichs, welchen das Knotendreieck auf der Fläche abschliesst, verbindet. Diese Curvenzüge schliessen sich an den Knoten an die Schleifen an, so dass die ganze parabolische Curve aus einem Zuge besteht, der zweimal nacheinander durch jeden der Knoten hindurchgeht. Die Schleifen stützen sich auf das Dreieck A 2) gebildet von den unären Geraden der Fläche. Da die Verbindungslinie zweier Knoten zwischen denselben zweimal als Theile zerfallener Ovale auftritt, mithin als Theil der parabolischen Curve doppelt zählt, so ist die ganze von der Curve umschlossene Fläche elliptisch gekrümmt.

Bilden wir z. B. auf Modell Nr. 1 durch Zuziehung dreier innern Oeffnungen die Knoten

$$(146),\ (245),\ (236),$$

so ist hier

$$i = 4,\ m = 2,\ k = 6,\ l = 1,\ n = 5,\ p = 3$$

zu setzen. In den Verbindungslinien der Knoten fallen zusammen zwischen dem 1. und 2. die Geraden

$$16 - 25,$$

zwischen dem 2. und 3.

$$45 - 46,$$

zwischen dem 3. und 1.

$$14 - 23.$$

Die unären Geraden bilden das Dreieck A (56, 34, 12). Die Curve bildet nur einen Zug. Sie geht 35 berührend

durch den 1. Knoten und kehrt 46 berührend zu ihm zurück; läuft sodann zum 2. Knoten, den sie 13 berührend durchsetzt; geht 24 berührend zum zweitenmal durch ihn hindurch, lauft im Bogen zum 3. Knoten, den sie 15 berührend durchsetzt kehrt 26 berührend zu ihm zurück und lauft sodann im Bogen zum 1. Knoten 35 berührend zurück. Die drei Verbindungsbögen umgeben das Knotendreieck, das selbst ein Oval der Curve darstellt. [1])

8. Betrachten wir nun den Fall, in welchem das Dreieck 2) gebildet von den unären Geraden der Fläche ein Dreieck B ist. Dann sind die Dreiecke 3) mit je zwei zusammenfallenden Seiten immer Dreiecke B, aber die Dreiecke 4) werden Dreiecke A. Hieraus folgt sodann durch Vertauschung der Indices, dass sowohl die Dreiecke 5) als auch die Dreiecke 6) Dreiecke B werden, mit Ausnahme der ersten der Reihen

il, mn, kp; kl, in, mp.

Was diese beiden Dreiecke anbetrifft, so ergeben sie sich als Dreiecke A. Während also im vorigen Falle in dem Knotendreieck ein Dreieck A und ein Dreieck B zusammenfiel, fallen bei der jetzt betrachteten Fläche in demselben zwei Dreiecke A zusammen, und es stellt mithin auch dieses Dreieck kein Oval der parabolischen Curve dar. Ausser dem Oval in dem Dreieck 2) und den verschwindenden in den Dreiecken 3) befinden sich nur in den sechs übrigen Dreiecken 5) 6) Ovale der Curve. Diese letzteren Dreiecke aber sind sämmtlich gebildet aus der Verbindungslinie zweier Knoten und zwei Geraden, von denen die eine durch den einen die andere durch den andern Knoten hindurchgeht und zwar gehören die in 5) 6) untereinanderstehenden zu denselben

1) Die drei Schleifen laufen auf dem Modelle über die Rücken der Flügel weg und berühren die unären Geraden, (die 1. Schleife 12, die 2. 56, die 3. 34) von unten.

zwei Knoten. Die Ovale, welche sie enthalten, zerfallen mithin wieder in die Knotenlinie und einen Curvenzug, welcher die beiden Knoten verbindet. Die parabolische Curve hat also in diesem Falle einen wesentlich anderen Typus als in dem erstbetrachteten Falle; sie besteht aus einem Ovale und einem Curvenzug, der wieder jeden Knotenpunkt zum Doppelpunkte hat, aber nicht Schleifen an den Knoten bildet, sondern die drei Knoten nach der Reihe zweimal umkreist. Die Verbindungslinie zweier Knoten gehört wieder zwei zerfallenen Ovalen an und ist als Theil der Curve doppelt zählend; der ganze Flächentheil, welcher zwischen den zwei Curvenzügen liegt, welche je zwei Knoten verbinden, ist mithin elliptisch gekrümmt.

Während die in Nr. 5 betrachtete Fläche eine Fläche I mit drei Knoten ist, ist die hier betrachtete eine sogenannte „inverse" Fläche I′. Zu dieser Gattung gehört das Eingangs erwähnte Modell Nr. 7 der Rodenberg'schen Sammlung. Dasselbe ist hervorgegangen durch Bildung der Knoten

$$(123),\quad (156),\quad (345);$$

Es ist mithin hier

$$i = 1,\quad k = 3,\quad l = 2,\quad m = 5,\quad n = 6,\quad p = 4$$

zu setzen. Ein Oval der Curve ist dem Dreieck der unären Geraden 2)

$$36,\ 25,\ 14$$

eingeschrieben. In den Verbindungslinien der Knoten fallen zusammen zwischen dem 1. und 2. Knoten die Geraden

$$23 - 56,$$

zwischen dem 2. und 3.

$$16 - 34,$$

zwischen dem 3. und 1.

$$12 - 45$$

Der Verlauf des Curvenzuges durch die Knoten ist dann

folgender. Er geht 46 berührend durch den 1. Knoten, 15 berührend durch den 2., 26 berührend durch den 3., 13 berührend durch den 1., 24 berührend durch den 2., 35 berührend durch den 3. und kehrt 46 berührend zu dem 1. Knoten zurück. [1])

9. Diese eben betrachtete Fläche ist, wie schon bemerkt, eine der von Herrn Rodenberg als „inverse" bezeichneten Flächen. [2]) Diese inversen Flächen erhielt Herr Klein zuerst [3]), indem er ausgehend von einer Fläche mit vier Knoten zunächst durch den Prozess des Verbindens oder des Trennens der Knoten die andern Schlaefli'schen Arten erzeugte und hierauf, sofern es die Natur der Fläche gestattete, einen oder mehrere Knotenpunkte durch die biplanare Form hindurch sich ändern liess. Herr Klein erhielt auf diese Weise eine Reihe neuer Flächen, so zumal aus einer Fläche I mit drei Knoten drei Flächen, welche er durch I', I'', I''' bezeichnet, je nachdem er einen, zwei oder drei Knoten durch die biplanare Form hindurchgehen liess. Indessen zeigte Herr Rodenberg [4]), dass die Flächen I' und I'' nicht wesentlich verschieden sind, indem sie durch lineäre Transformation in einander übergeführt werden können, und dass aus demselben Grunde die Fläche I'' im Wesentlichen nicht verschieden ist von der Fläche I. Im Ganzen ergeben sich ihm nur folgende inverse Flächen: die eine Fläche

I' mit drei Knoten

und die aus dieser durch Trennung der Knoten hervorgehenden Flächen,

---

1) Auf dem Modelle scheinen die unterhalb des Knotendreiecks verlaufenden Curvenzüge von einem Knoten zum nächsten durch das Unendliche zu gehen.

2) Rodenberg „Zur Classification der Flächen dritter Ordnung." Math. Ann. XIV. p. 58.

3) Klein a. a. O. §. 5.

4) Rodenberg „Classification" etc. § 3.

II′ mit zwei Knoten
III′ mit einem Knoten
IV″ ohne Knoten.[1])

In seinen Erklärungen zu den Modellen zeigt sodann Hr. Rodenberg, wie sich der Durchgang eines Knotens durch die biplanare Form dadurch an der Fläche kenntlich macht, dass an die Stelle eines Knotens aus einer der innern Oeffnung gebildet ein Knoten tritt, gebildet aus einer benachbarten äussern Oeffnung.

So erhalten wir durch Zuziehung dreier innern Oeffnungen eine Fläche I. Dazu gehört die in n° 7 betrachtete Fläche. Ersetzen wir nun die drei Knoten (oder auch nur einen derselben) durch Knoten aus äussern Oeffnungen gebildet, so entsteht eine inverse Fläche I′, wozu die im vorigen n° betrachtete Fläche gehört; während, wenn wir die Veränderung an zwei Knoten vornehmen, die Fläche eine I bleibt.

Es ist nun bemerkenswerth, dass wir dieselben inversen Flächen, wie Herr Rodenberg erhalten, wenn wir sie uns durch den abweichenden Typus ihrer parabolischen Curve charakterisirt denken. Es hat nämlich schon Herr Rodenberg hervorgehoben, dass bei einer inversen Fläche I′ die drei unären Geraden ein Dreieck B bilden, während sie

---

1) Ausser diesen Flächen führt Herr Rodenberg noch die

VI′ mit isolirtem Knoten

und die daraus durch Verschwinden des Knotens hervorgehende IV′ ohne Knoten als inverse Flächen an, indem Herr Klein die Fläche IV′ aus einer Fläche IV mit einem Knoten durch den Durchgang desselben durch einen biplanaren Knoten mit imaginären Ebenen entstehen liess. Da aber diese Fläche auch aus der Fläche V durch Reducirung des paaren Theils auf einen Punkt entstanden gedacht werden kann und nicht den hier zu besprechenden Charakter einer inversen Fläche trägt, so zähle ich diese Flächen nicht zu den inversen.

bei einer Fläche I mit drei Knoten ein Dreieck A bilden, und wir ersahen aus den letzten Betrachtungen, dass in diesen zwei Fällen auch die parabolische Curve wesentlich verschiedene Formen hat. Wir erhalten daher zunächst bei Flächen mit drei Knoten dieselbe parabolische Curve, ob wir wie in dem Beispiel in n° 7 eine Fläche I bilden durch Zusammenziehung dreier innern Oeffnungen, oder ob wir eine innere Oeffnung und zwei äussere, z. B.

(123), (146), (345)

zu Knoten zusammenziehen. Hingegen hat die parabolische Curve denselben Typus wie bei der in n° 8 betrachteten inversen Fläche, wenn wir statt drei äussern Oeffnungen zwei innere und eine äussere, z. B.

(123), (146), (245)

zu Knoten werden lassen.

Gehen wir nun von einer inversen Fläche I′ mit drei Knoten auf eine Fläche mit weniger Knoten über, so findet man, dass man durch „Verbinden" der Knoten keine verschiedenen Typen der parabolischen Curven erhalten werde; denn die Fläche geht hiedurch zunächst über in eine Fläche I mit zwei Knoten und wir sahen, dass bei dieser Fläche, welche Knoten sie auch haben mag, keine verschiedenen Formen der parabolischen Curve auftreten. Es wird sich daher auch, wenn man nun in dieser Fläche einen oder beide Knoten auflöst, in allen Fällen dieselbe Curve ergeben. Wir können also nur durch Trennung der Knoten aus einer inversen Fläche I′ mit drei Knoten Flächen mit weniger Knoten erhalten, welche sich in Bezug auf ihre parabolische Curve von andern Flächen mit derselben Knotenzahl unterscheiden. Wir gelangen so zu den von Hrn. Rodenberg aufgezählten inversen Flächen II′, III′, IV″. Dass bei diesen Flächen die parabolische Curve ihren besonderen Charakter behält, gegenüber den Flächen II, III, IV, welche aus einer nicht-inversen Fläche I

mit drei Knoten durch Auflösen von einem oder zwei oder drei Knoten mittelst des Prozesses des Trennens erhalten werden, beruht hauptsächlich darauf, dass, wie wir sahen, bei einer I mit drei Knoten das Knotendreieck ein Oval der Curve darstellt, und ein Curvenzug die drei Knoten umschlingt, welcher einen elliptisch-gekrümmten Flächentheil abschliesst, was bei einer I′ mit drei Knoten nicht der Fall ist. Lassen wir z. B. eine IV″ entstehen, indem wir in der in n° 8 betrachteten Fläche I′ mit den Knoten

(123), (156), (345),

durch das Rodenberg'sche Modell Nr. 7 dargestellt, die drei Knoten durch Trennen auflösen, was einer Ausfüllung der drei äussern Oeffnungen, aus welchen die Knoten entstanden, entspricht, so zertheilt sich die Curve in drei Züge, von denen jeder die Kuppen zweier getrennter Knoten umzieht. Wenn wir aber in der Fläche I mit den drei Knoten

(146), (245), (236)

(n° 7) die Knoten trennen, wodurch eine IV entsteht, so lösen sich die drei Schleifen von dem durch die drei Knoten laufenden Zuge los und letzterer unter den Kuppen der getrennten Knoten sich herumziehend begrenzt den obern elliptisch-gekrümmten Theil des Mittelstücks des Modells (wenn wir das Modell Nr. 1 zu Grunde legen). Nun werden allerdings durch das Trennen der Knoten aus früher (n° 6) angegebenen Gründen, noch andere elliptisch-gekrümmte Parthien der Fläche entstehen, auf der einen Fläche sowohl wie auf der andern, welche die unären Geraden der Fläche in ihren zweiten Asymptotenpunkten berühren. Diese Parthien können bei weiterer Deformation sich übrigens unbeschränkt ausbreiten. Aber während auf der Fläche IV″ es immer ein Oval gibt, welches dem Dreieck (B) der Geraden der Fläche eingeschrieben ist und sich nie mit einem andern

Zug der parabolischen Curve verbinden kann, so haben wir auf der Fläche IV (ohne Knoten) immer einen geschlossenen Zug auf einem von den drei Geraden der Fläche abgegrenzten Gebiet [1]), welcher diese Geraden nicht berührt und sich nicht mit den andern Theilen der parabolischen Curve verbinden kann, da diese zwar die Geraden in den Asymptotenpunkten berühren, aber immer ausserhalb dieses abgegrenzten Gebiets verlaufen.

10. Zu den drei Knoten einer inversen Fläche I′ kann kein vierter Knoten hinzutreten [2]); wohl aber kann auf der Fläche I mit den drei Knoten

(146), (245), (236)

noch der vierte Knoten

(135)

gebildet werden. Man sieht dann sofort, dass die drei Ovale, welche auf der Fläche mit drei Knoten um das Knotendreieck herumliegen, jedes aus der Verbindungslinie von zwei Knoten und einem diese Knoten verbindenden Curvenzug bestehend, durch Bildung des letzten Knotens selbst zu Knotendreiecken werden, so dass bei einer Fläche mit vier Knoten die vier Ovale, welche immer auf dem mittleren Theil der Fläche liegen, geradezu sich in die vier Seitenflächen des Knotentetraeders ausgebreitet haben. Es ist desshalb der ganze tetraedrale Theil der Fläche elliptisch gekrümmt, wie bekannt.

Löst man die sämmtlichen vier Knoten durch Trennung auf, so entsteht die aus zwei Theilen bestehende Fläche V.

---

1) Bei der durch Trennung der Knoten (146), (245), (236) erzeugten Fläche IV ist es der Zug, der den obern Theil des Mittelstücks des Modells abgrenzt und durch die Geraden 12, 34, 56 von dem andern Theil der Curve getrennt ist.

2) Rodenberg „Classification etc.“ a. a. O. p. 55.

Der paare Theil bleibt natürlich elliptisch gekrümmt und man ersieht leicht, wie die parabolische Curve auf dem unpaaren Theil verlauft. Gehen wir immer von dem Modell Nr. 1 aus, so verlauft ein Curvenzug auf dem mittleren Theil, der von den Geraden der Fläche 12, 34, 56 abgegrenzt wird, mit drei Ausbuchtungen diese Gerade berührend. Ein zweiter Zug verlauft auf dem äussern Theile, die drei Geraden an den äussern Asymptotenpunkten berührend und unter den Kuppen der getrennten Knoten sich hinziehend. Der zwischen den zwei Zügen liegende Theil der Fläche ist hyperbolisch gekrümmt, der ganze ausserhalb liegende Theil elliptisch gekrümmt.

Lassen wir den paaren Theil dieser Fläche V in einen Punkt übergehen, so erhalten wir die von Herrn Klein und Rodenberg mit IV′ bezeichnete Fläche mit isolirtem Knoten. Rückt der Knoten auf die Fläche selbst herab, so entsteht ein biplanarer Knoten mit imaginären Ebenen. Hr. Rodenberg hat im Modell Nr. 11 eine Fläche mit dieser Singularität dargestellt, und man wird sofort erkennen, wie die auf dem Modell verzeichnete parabolische Curve sich aus der oben für die Fläche V angegebenen ergibt. [1])

1) Die von Herrn Rodenberg modellirte Fläche ist eine spezielle, mit osculirendem Kegel; der eine Zug der Curve ist desshalb zur ebenen Curve geworden.

Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

Von der deutschen chemischen Gesellschaft in Berlin:

Berichte. 16. Jahrgang. 1883. 8°.

Vom Verein zur Beförderung des Gartenbaues in den K. Preussischen Staaten in Berlin:

Gartenzeitung 1882 in 12 Heften. 8°.

Von der Redaction der Zeitschrift für Instrumentenkunde in Berlin:

Zeitschrift für Instrumentenkunde. 3. Jahrgang. 1883. gr. 8°.

Vom Naturhistorischen Verein der preussischen Rheinlande in Bonn:

Verhandlungen. 39. Jahrgang. 1882. 8°.

Von der physikalisch-medicinischen Societät in Erlangen:

Sitzungsberichte. 14. Heft. 1882. 8°.

Von der Redaction des Archivs der Mathematik und Physik in Greifswald:

Archiv der Mathematik und Physik. Th. 69. Leipzig 1882. 8°.

Von der Kaiserlich Leopoldino-Carolinischen deutschen Akademie der Naturforscher in Halle a/S.:

Leopoldina Heft XIX. 1883. 4°.

Von der K. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig:

a) Berichte über die Verhandlungen. Mathematisch-physikalische Classe 1881. 1882. 8°.

b) Abhandlungen. Mathematisch-physikalische Classe Bd. XII. No. 7, 8. 1882. gr. 8°.

Vom Botanischen Verein Irmischia in Sondershausen:

Abhandlungen. Heft I, II. 1882. 8°.

Vom Nassauischen Verein für Naturkunde in Wiesbaden:

Jahrbücher. Jahrgang 35. 1882. 8°.

Von der Universität Würzburg:

Festschrift zur 3. Säcularfeier der Alma Julia Maximiliana gewidmet von der medizinischen Facultät Würzburg. 2 voll. Leipzig 1882. 4°.

Von der K. Ungarischen Geologischen Anstalt in Budapest:

Geologische Karten von Ungarn 16 Stück und die geologische Karte des Graner Braunkohlengebietes. 1882. Fol.

Vom Naturhistorischen Landesmuseum in Klagenfurt:

Carinthia 72. Jahrgang 1882. 8°.

Von der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien.

Sitzungsberichte: Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. I. Abth. Bd. 85. II. Abth. Bd. 86. III. Abth. Bd. 85, 86 und Register zu Bd. 81—85. 1882. 8°.

Von der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft in St. Gallen:

Bericht über die Thätigkeit während des Jahres 1880/81. 1882. 8°.

Vom Observatoire Astronomique in Genf:

Résumé météorologique de l'année 1881 pour Genève et le Grand Saint-Bertrand. 1882. 8°.

Von der Académie Royale de Médecine in Brüssel:

Bulletin. 3. Série tom. 17. 1883. 8°.

Von der Société Royale Malacologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. 14, 16. (Année 1879 et 1881.) 8°.

Von der Bataafsch Genootschap der proefonder-vindelyke Wijsbegeerte in Rotterdam:

Nieuwe Verhandelingen. 2. Reeks. Deel 3. 1882. 4°.

Vom Institut Royale Géologique de la Suède in Stockholm:

Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. Aa No. 70, 80—83, 85, 86. Bb No. 1, 2. C. No. 45—52. 1880—82. 4°. und 8°.

Bidrag till Norrbottens Geologi af Fredr. V. Svenonius. 1880. 8°.

Vom Editorial Committee of the Norwegian Nord-Atlantic Expedition in Christiania:

Den Norske Nordhavs-Expedition 1876—78. VIII. Mollusca, I ved H. Friele. IX. Chemi, af L. Schmelck. 1882. Fol.

Von der Gesellschaft pro Fauna et Flora fennica in Helsingfors:

Notiser. 18. Heft. 1882. 8°.

Von der Société Impériale des Naturalistes in Moskau:

Bulletin 1882. 1882. 8°.

Von der physikalisch-chemischen Gesellschaft an der Kaiserlichen Universität in St. Petersburg:

Schurnal Tom. XIV und XV. 1882. 8°.

Von der Sternwarte in Pulkowa, St. Petersburg:

a) Observations de Poulkova. Vol. XIII. 1881. Fol.
b) Jahresbericht dem Comité der Nicolai-Hauptsternwarte abgestattet vom Director der Sternwarte f. d. J. 1881/82. 1882. 8°.
c) Librorum in bibliotheca speculae Pulcovensis anno 1858 contentorum catalogus systematicus. 1860. 8°.

Von der Société d'études scientifiques in Angers:

Bulletin. Années XI et XII. 1881—82. 1882. 8°.

Von der Société de géographie commerciale in Bordeaux:

Bulletin 1883. 8°.

Von der Société Linnéenne in Bordeaux:

Actes. Vol. XXXV. 1881. 8°.

Von der Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux:

Mémoires. 2e Série. Tom. V. 1881—82. 8°.

Von der Société Linnéenne de Normandie in Caen:

Bulletin. 3 Série. Vol. 5. Année 1880—81. 1881. 8°.

Von der Société des Sciences naturelles in Cherbourg:

a) Mémoires. Tom. XXIII. Paris 1881. 8°.
b) Catalogue de la Bibliothèque de la Société. I. Partie. 2. éd. Janvier 1881. Cherbourg 1881. 8°.

Von der Société agricole et horticole in Nantes:

Bulletin mensuel 1883. 1883. 8°.

Von der Académie de Médecine in Paris:

Bulletin 1882. 1882. 8°.

Von der Académie des Sciences in Paris:

Comptes rendus. Tom. 96. 1882. 4°.

Von der École politechnique in Paris:

Journal. Cahier 50. Tom. XXXI. 1881. 4°.

Von der Redaction des Moniteur scientifique in Paris:

Moniteur scientifique 1883. 1883. gr. 8°.

Vom Museum d'histoire naturelle in Paris:

Nouvelles Archives. 2e Série. Tom. V. 1882. 4°.

Von der Société de Géographie in Paris:

Liste des membres au 31. Déc. 1882. 1883. 8°.

Von der Société zoologique de France in Paris:

Bulletin. Tom. I—VI. VII. 1—4. Paris 1876—82. 8°.

Vom R. Osservatorio di Brera in Mailand:

Pubblicazioni No. XXII. 1882. 4°.

Von der zoologischen Station in Neapel:

Mittheilungen Bd. IV. Leipzig 1882. 8°.

Von der Società Veneto-Trentina di scienze naturali in Padua:

Atti. Vol. VIII. 1882. 8°.

Von der Royal Astronomical Society in London:

Monthly Notices Vol. 43. 1882. 8°.

Von der R. Accademia dei Lincei in Rom:

Atti. Serie III. Scienze fisiche. Vol. 9. 10. 1881. 4°.

Von der Chemical Society in London:

Journal 1883. 1883. 8°.

Von der Geological Society in London:

a) The quarterly Journal. Vol. 38. 1882. 8°.

b) List of the Fellows Nov. 1, 1882. 8°.

Von der Linnean Society in London:

a) Journal. 1. Zoology No. 86—94. 2. Botany No. 114—121. 1881—1882. 8°.

b) Proceedings. Juli 1882. (From November 1875 to June 1880.) 1882. 8°.

c) Transactions. Botany II. 1881—82. 4°.

Von der Medical and Chirurgical Society in London:

Medico-chirurgical Transactions. II. Serie. Vol. 47. 1882. 8°.

Von der Royal Microscopical Society in London:

Journal. Ser. II. Vol. III. 1883. 8°.

Vom Geological Survey of India in Calcutta:

a) Memoirs. Vol. XIX. 1882. 4°.

b) Memoirs. Palaeontologia Indica. Series X. Vol. II. 1881—1882. Fol.

c) Records. Vol. XV. 1882. 4°.

Von dem Meteorological Department of the Government of India in Calcutta:

Indian Meteorological Memoirs. Vol. I. 1876—81. 4°.

Von der Boston Society of natural History in Boston:

Proceedings. Vol. XXI. 1881—1882. 8°.

Von dem Harvard College Observatory in Cambridge, Mass.:

a) Statement of Work done at the Harvard College Observatory during the years 1877—1882. By Edward C. Pickering. 1882. 8°.

b) A Plan for securing Observations of the variable Stars. By Edward C. Pickering. 1882. 8°.

c) Annals. Vol. XIII. 1882. 4°.

Vom Museum of Comparative Zoology in Cambridge, Mass.:

a) Memoirs. Vol. IX. 1882. 4°.

b) Annual Report of the Curator for 1881—82. 1882. 8°.

Vom Washburn Observatory of the University of Wisconsin in Madison:

Publications. Vol. I. 1882. 8°.

Von der Redaction des American Journal of Science in New-Haven:

The American Journal of Science. Vol. XXIV. 1882. 8°.

Von der American geographical Society in New-York:

Journal. Vol. XIII. 1881. 8°.

Von der American philosophical Society in Philadelphia:

Proceedings. Vol. XX. No. 110. 111. 1881—82. 8°.

Von der American Association for the Advancement of Science in Salem:

Proceedings. 30th Meeting held at Cincinnati, Ohio, August 1881. 1882. 8°.

Vom United States Coast Survey in Washington:

Report of the Superintendent for the year ending with June 1879. 1881. 4°.

Vom United States naval Observatory in Washington:

Astronomical Observations for 1878. Appendix I. 1882. 4°.

Von der Sociedad Mexicana de historia natural in Mexico:

La Naturaleza. Vol. VI. 1882. 4°.

Von der Royal Society of New-South Wales in Sydney:

a) Mineral Products of New South Wales by Archibald Liversidge. 1882. 4°.

b) Journal and Publications. Vol. XV. 1881. 1882. 8°.

c) New South Wales in 1881. 1882. 8°.

d) Annual Report of the Department of Mines, New South Wales, for the year 1880. 1881. 4°.

e) The Minerals of New South Wales by Archibald Liversidge. Sydney 1882. 4.

Von Herrn Wilhelm Blasius in Braunschweig:

Dr. Platen's ornithologische Sammlungen aus Amboina. Wien 1882. 8°.

Von Herrn W. Braun in Augsburg:

Ueber die elastische Nachwirkung in Drähten. s. l. 1882. 8°.

Von Herrn L. Cremona in Rom:

Elemente der projectivischen Geometrie, übers. v. F. R. Trautvetter. Stuttgart 1882. 8°.

Von Herrn E. Dupont in Brüssel:

Les îles Coralliennes de Roly et de Philippeville. 1882. 8°.

Von Herrn M. Hébert in Paris:

a) Mémoire sur le groupe nummulitique du midi de la France. 1882. 8°.

b) Sur la position des Sables de Sinceny. 1880. 8°.

Von Herrn Gustavus Hinrichs in Iowa City:

a) Iowa Weather Service. Annual for the year 1883. 1882. 8°.

b) Second biennial Report. Des Moines 1882. 8°.

c) Notes on Cloud Forms and the Climate of Iowa. 1882. 8°.

Von Herrn Hermann Kolbe in Leipzig:

Journal für praktische Chemie. Neue Folge 1883. Bd. 27. 1883. 8°.

Von Herrn John J. Mason in Newport, R. I. U. S. Am.:

Minute Structure of the central nervous system of certain Reptiles and Batrachians of America, illustrated by Photomicrographs. 1882 4°.

Von Herrn Ferdinand von Müller in Melbourne:

A Lecture on the Flora of Australia. Ballaarat 1882. 8°.

Von Herrn John Jay Knox, Comptroller of the Currency, in Washington.

Annual Report. Dec. 5. 1881. 1881. 8°.

Von Herrn Theodor R. von Oppolzer in Wien:

Lehrbuch zur Bestimmung der Kometen und Planeten. Bd. I. Leipzig 1882. gr. 8°.

Von Herrn C. Piazzi Smyth in Edinburg:

Madeira Spectroscopie. 1882. 4°.

Von Herrn G. V. Schiaparelli in Mailand:

Misure di alcune principali stelle doppie. 1882. 8°.

Von Herrn Geo. M. Wheeler in Washington:

Report upon U. S. Geographical Surveys, West of the one hundredth meridian. Vol. III. Supplement. Geology. 1881. 4°.

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1883. Heft III.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1884.

In Commission bei G. Franz.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 2. Juni 1883.

I. Herr v. Bauernfeind berichtet über zwei Abhandlungen:

1) „Neue Beobachtungen über die tägliche Periode barometrisch bestimmter Höhen."
2) „Ergebnisse aus Beobachtungen der terrestrischen Refraktion." (2. Mittheilung.)

Die beiden Abhandlungen werden in den „Denkschriften" veröffentlicht.

II. Herr v. Voit theilt die Hauptresultate einer im physiologischen Institute von Herrn Dr. Max Rubner ausgeführten Arbeit mit:

„Ueber die Vertretungswerthe von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten im Thierkörper."

Es ist durch meine Untersuchungen dargethan worden, dass der Verlust von Eiweiss vom Thierkörper nur durch eiweissartige Stoffe vollständig aufgehoben werden kann. Es giebt allerdings Stoffe, welche eine Verminderung des Eiweisszerfalls hervorbringen, wie z. B. die Fette, die Kohlehydrate,

der Leime etc. etc.; der letztere besitzt diese Eigenschaft in so hohem Grade, dass er durch seine Zersetzung in den Zellen das Eiweiss fast ganz vor der Zerstörung bewahrt und es scheint, als ob bei sehr reichlichen Leimgaben nur dasjenige Eiweiss, welches in zu Grunde gegangenen Zellen z. B. Epidermisschüppchen, Epitheliumzellen, Blutkörperchen etc. enthalten war, durch Zufuhr eiweissartiger Substanz ersetzt werden müsste.

Man weiss dagegen aus den Arbeiten von Pettenkofer und mir, dass der Verlust von Fett vom Körper nicht nur durch das Fett der Nahrung, sondern auch durch die Kohlehydrate und durch das Eiweiss derselben verhütet werden kann.

Es ist eine wichtige Frage, in welchen Mengen in Beziehung der Verhütung der Fettabgabe vom Körper sich die genannten 3 Stoffe ersetzen und dafür äquivalent sind.

Liebig glaubte bekanntlich, es hätten die stickstofffreien Stoffe, besonders die Fette und Kohlehydrate, sowie auch das über den Eiweissbedarf hinaus gereichte Eiweiss die Bedeutung, die für den Organismus nöthige Wärmemenge zu liefern, wesshalb er sie die Respirationsmittel nannte und er lehrte daher, dass diejenigen Mengen dieser Stoffe äquivalent sind, welche gleiche Mengen von Sauerstoff zur Oxydation brauchen, offenbar in der Meinung, dass dann auch gleiche Mengen von Wärme erzeugt werden. Darnach waren für ihn äquivalent:

100	Gramm	Fett,
240	„	Stärkemehl,
249	„	Rohrzucker,
263	„	Traubenzucker,
193	„	trockenes Fleisch.[1])

1) Dadurch, dass Liebig auf frisches Fleisch (770 Gramm) rechnete und nicht wie bei den übrigen Stoffen auf wasserfreie Substanz,

Pettenkofer und ich haben darauf hin nicht besondere Versuche angestellt, da uns damals andere Fragen zu sehr in Anspruch nahmen, aber unter unseren vielen Versuchen bei verschiedener Ernährung befanden sich doch einige, aus welchen auf jene Verhältnisse geschlossen werden konnte. Wir haben geglaubt darthun zu können, dass 100 Gr. Fett in jener Beziehung die gleiche Wirkung besitzen wie 175 Gr. Kohlehydrate; ebenso gaben wir nach den Resultaten eines Versuchs an, 179 Gr Eiweiss (= 224 Gr. trockenes Fleisch) hätten die gleiche Wirkung wie 167 Gr Stärkemehl.

Diese Ergebnisse waren es vorzüglich, welche uns bestimmten anzunehmen, dass die Stoffe sich nicht nach dem zur Verbrennung nöthigen Sauerstoffverbrauch ersetzen und dass der Sauerstoff nicht die direkte Ursache der Zersetzung im Körper ist, sondern dass andere Ursachen, welche in der Organisation gegeben sind, bestimmend dafür sind.

Es waren daher neue, eigens auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen über die Vertretungswerthe von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten nothwendig, besonders da sich zeigte, dass bei den früheren Versuchen noch nicht alle Vorsichtsmaassregeln, welche ein richtiges Resultat garantiren, beachtet worden waren. Ich habe darum schon vor längerer Zeit Herrn Dr. Rubner gebeten, die Versuche mit allen jetzt zu Gebote stehenden Mitteln zu wiederholen und sichere Aufklärung über den Sachverhalt zu bringen. Die Resultate, zu welchen derselbe bei diesen mühsamen Untersuchungen gelangte, fasse ich in Folgendem kurz zusammen:

Ein wichtiger Punkt zur Erhaltung richtiger Ergebnisse ist die Herstellung einer gleichmässigen Fettzersetzung. Eine Tag für Tag gleiche Eiweisszersetzung ist ja leicht zu er-

erhielt es den Anschein, als ob das Fleisch als „Respirationsmittel" weit hinter den Kohlehydraten zurückstehe, während dasselbe doch, nach Liebig's Auffassung betrachtet, ein besseres Respirationsmittel wäre als die Kohlehydrate.

halten, da für die Grösse des Eiweisszerfalls vor Allem die Grösse der Eiweisszufuhr bestimmend ist und die Körperbewegung für gewöhnlich keinen Einfluss darauf besitzt, auch nicht die Schwankungen der Temperatur oder andere wechselnde Bedingungen. Dies ist aber mit der Fettzersetzung anders: dieselbe hängt bekanntlich in hohem Grade von der Arbeitsleistung des Körpers, sowie auch von der Temperatur der umgebenden Luft ab, und es frägt sich, ob es denn möglich ist, diese Faktoren auf die Dauer so gleich zu halten, dass die Fettzersetzung während einer Reihe von Tagen die gleiche bleibt. Man sollte denken, dass namentlich die Körperbewegungen eines grösseren Hundes, an welchem man solche Versuche allein anstellen kann, an sich folgenden Tagen höchst wechselnde sind und demnach von vorn herein ein Unternehmen wie das vorgesetzte aussichtslos ist.

Nachdem aber das Versuchsthier an die Verhältnisse sich gewöhnt hatte und öfter in dem kein Umherspazieren gestattenden Respirationsapparate war, legte es sich alsbald in demselben zusammengekauert nieder und blieb so fast die ganze Zeit über ruhig. Versuche am hungernden Hunde, bei welchem in Zwischenräumen von 3 zu 3 Stunden die ausgeathmete Kohlensäure bestimmt wurde, zeigten auch dementsprechend, dass die Ausscheidung der letzteren in den einzelnen Perioden fast ganz die gleiche ist und die Schwankungen nur minimale sind. Dass man dabei auf möglichste Gleichhaltung der Temperatur der äusseren Luft sehen muss, ist selbstverständlich; es war diess in den nach Norden gelegenen Räumen des physiologischen Instituts leicht möglich.

Aus dieser Gleichmässigkeit der Eiweiss- und Fettzersetzung geht hervor, dass wir die Hauptbedingungen für den Stoffzerfall im thierischen Organismus jetzt kennen und es keine unbekannten Faktoren giebt, welche die Zersetzungen in bemerkbarem Grade beeinflussen.

Ferner darf man dem Thier, um die Vertretungswerthe

der Nahrungsstoffe festzustellen, letztere nicht in beliebiger Quantität reichen, also z. B. einen Ueberschuss von Fett oder von Stärkemehl und dann die im Organismus verbrannten Mengen der beiden miteinander vergleichen. Wird nämlich mehr Fett zugeführt, als eben nöthig ist, um den Fettverlust vom Körper aufzuheben, dann wird das Plus nicht völlig angesetzt, sondern es wird über den genannten Bedarf hinaus zersetzt; ebenso verhält es sich mit den Kohlehydraten und dem Eiweiss. Es ist daher in einem solchen Falle nicht möglich die Aequivalente zu finden. Man muss zu diesem Zwecke unter sonst gleich bleibenden Umständen diejenige kleinste Menge der sich zersetzenden Stoffe suchen, bei welcher eben kein Fett vom Körper mehr abgegeben wird.

Es wurde nun unter den angegebenen Cautelen durch Dr. Rubner ermittelt, wie viel aus dem Darm resorbirtes Eiweiss im Körper zersetzt werden muss, um den vorher beim Hunger stattfindenden Fettverlust zu vermeiden und weiterhin in sich unmittelbar folgenden Reihen Fett und Kohlehydrate (Rohrzucker, Traubenzucker, Stärkemehl) gefüttert, bis der gleiche Erfolg eintrat.

Der Harn wurde dem weiblichen Thier vollständig durch den Katheter entnommen; die Kohlensäureausscheidung in dem kleinen, jetzt für grössere Hunde eingerichteten Respirationsapparate bestimmt.

Die von Pettenkofer und mir für die Aequivalente angegebenen Zahlen sind danach nicht genau zutreffend. Bei der Vergleichung von Fett und Stärkemehl hatten wir vorzüglich den Fehler gemacht, das Fett in überschüssiger Menge zu geben, in der falschen Voraussetzung, dass der Ueberschuss völlig abgelagert und kein Theil davon zersetzt werde; so kam es, dass wir eine zu hohe Zahl für das Fett erhielten und eine zu niedrige für das Stärkemehl.

Die Zahlen, welche Dr. Rubner als Vertretungswerthe fand, sind die folgenden:

100 Gramm Fett,
211 „ Eiweiss,
232 „ Stärkemehl,
234 „ Rohrzucker,
256 „ Traubenzucker.

Betrachtet man diese Zahlen genauer, so stellt sich heraus, dass diejenigen Mengen der Nahrungsstoffe in Beziehung auf den Fettersatz gleichwerthig sind, welche bei ihrer Oxydation zu Kohlensäure und Wasser gleiche Mengen von Wärme liefern.

Durch die nach der modificirten Methode von Thomson vorgenommenen Bestimmungen von Rechenberg und Danilewski kennt man jetzt die Verbrennungswärme einer Anzahl complizirter im Thierkörper vorkommender Stoffe, auch des Eiweisses, des Fettes und der verschiedenen Kohlehydrate genauer als dies früher der Fall war. Die von ihnen gefundenen Werthe werden nicht wesentlich von der Wahrheit abweichen. Bei der Berechnung der im Organismus bei der Verbrennung jener Stoffe gelieferten Calorien darf die für das Fett und die Kohlehydrate festgestellte Verbrennungswärme voll in Anrechnung kommen, während bei der Berechnung der von dem zersetzten Eiweiss gelieferten Calorien von dessen Verbrennungswärme derjenige Bruchtheil abgezogen werden muss, welcher in den Zersetzungsprodukten desselben im Harn noch enthalten ist.

Darnach liefern die gleichwerthigen oder isodynamen Mengen jener Stoffe folgende Wärmemengen:

	gleichviel Calorien liefern	gleichwerthig sind
Fett	100	100
Eiweiss	201	211
Stärkemehl	221	232
Rohrzucker	231	234
Traubenzucker	243	256

Die Uebereinstimmung der isodynamen und calorischen Werthe ist für die schwierigen hier vorliegenden Verhältnisse so gross, dass es nicht mehr zweifelhaft sein kann, dass für den angegebenen Fall die Vertretung der Stoffe in denjenigen Quantitäten geschieht, welche gleiche Wärmemengen erzeugen.

Man könnte versucht sein daraus zu schliessen, dass ausser der Arbeitsleistung die Wärme der Umgebung oder des Körpers die direkte und hauptsächlichste Ursache für die Zersetzung im thierischen Organismus ist. Die Wärme ist aber nicht die nächste Ursache für den Zerfall der Stoffe in den Zellen, die nächsten Ursachen sind andere und sind in den eigenthümlichen Bedingungen der Organisation zu suchen; die Wärme ist nur einer der Faktoren, welche auf jene Ursachen begünstigend oder erschwerend einwirken. Denn es wird nicht selten mehr Material zerstört als zur Erhaltung der Eigenwärme des Körpers nothwendig ist: bei der Muskelarbeit wird ein grosser Ueberschuss von Wärme durch die Mehrzersetzung erzeugt, ebenso wird nach reichlicher Nahrungsaufnahme wesentlich mehr Wärme gebildet und in den Tropen haben die Bewohner alle Kunst und viel Zeit aufzuwenden, um die im Uebermaass auftretende Wärme los zu werden.

Die von Dr. Rubner erhaltenen Zahlen erklären sich leicht, wenn man erwägt, dass die ungenügende Erwärmung des Körpers ein Faktor ist, welcher auf die Zersetzungsprocesse und auf die Wärmebildung einwirkt und letztere regulirt, bis der Organismus seine Eigenwärme besitzt.

Ist also bei einer fast ausreichenden, aber etwas zu geringen Aufnahme der Nahrungsstoffe bei dem durch die unbekannten Ursachen der Organisation hervorgerufenen Zerfall noch nicht genügend Wärme gegeben, um den Körper auf seiner Eigentemperatur zu erhalten, dann wird durch den genannten Faktor so viel noch dazu zersetzt, bis eben ge-

nügend Wärme gebildet ist. Es ist klar, dass in diesem Fall im Ganzen so viel von jenen Stoffen zersetzt werden muss, dass die verbrennenden Mengen gleiche Mengen von Wärmeeinheiten liefern. Man kann auch daraus entnehmen, dass die bei obigen Versuchen angewendeten Stoffe gleichmässig auf die Regulatoren der Wärmeabgabe einwirken.

Die frühere Lehre Liebig's von den plastischen und respiratorischen Nahrungsstoffen ist mit der aus den neuen Thatsachen ableitbaren, wie man leicht einsieht, nicht identisch, selbst wenn man zugiebt, dass Liebig bei gleichem Sauerstoffverbrauch die Erzeugung gleicher Wärmemengen vorausgesetzt habe und auch abgesehen davon, dass nach ihm das Eiweiss der Gebilde im Körper durch die Muskelarbeit zu Grunde gehen sollte, wobei es die für letztere nöthige Kraft liefert, und das Eiweiss der Nahrung nur zum Wiederersatz des Verlustes dient. Denn es findet nur dann die Vertretung jener Stoffe in dem angegebenen Verhältniss statt, wenn eben die geringste Menge derselben, welche dazu gehört die Fettabgabe vom Körper aufzuheben, zerstört wird, also nicht zu viel von jenen Stoffen gereicht wird, die Arbeitsleistung des Körpers und die äussere Temperatur die gleiche bleibt. Sie tritt also durchaus nicht in allen Fällen ein, sondern nur in einem bestimmten Falle und unter bestimmten Voraussetzungen. Man könnte bei eben zureichender Zufuhr und gleichbleibender Arbeitsleistung ebensogut sagen, die Stoffe vertreten sich bei der Arbeit im Verhältniss der Summen der lebendigen Kraft, welche sie bei ihrer oxydativen Spaltung entwickeln.

Betrachtet man die Processe im Körper ausschliesslich von dem Gesichtspunkte der Ernährung und des Stoffwechsels, dann hat man es mit rein stofflichen Vorgängen zu thun, mit der Untersuchung, wie viel man von gewissen Stoffen unter verschiedenen Verhältnissen zuführen muss, um den stofflichen Bestand des Körpers zu erhalten. Fragt man

aber nach der Bedeutung dieser stofflichen Vorgänge für das Leben, nach ihrer Wirkung, so ergiebt sich bei den für die Aufhebung des Fettverlustes vertretbaren Stoffen, nach Abrechnung der verschiedenen zur Erhaltung des Eiweissbestandes nöthigen Eiweissmenge, das von Dr. Rubner gefundene Gesetz.

Ich halte diesen Nachweis zunächst für einen Beweis dafür, dass wir in den Methoden so weit gekommen sind, um die complicirten Stoffzersetzungen im thierischen Organismus genau zu verfolgen; ich betrachte ihn in der That für einen Triumph des Experimentes. Dann ist aber auch die erkannte Thatsache von wesentlicher theoretischer Bedeutung, indem sie uns einen tieferen Einblick in die Vorgänge im Thierkörper gestattet als dies bis jetzt möglich war; und es ist endlich jetzt alle Aussicht vorhanden, bei richtiger Ernährungsweise der in der Landwirthschaft verwendeten Thiere die gleichwerthigen Mengen der Nahrungsstoffe im Futter zu berechnen.

Sitzung vom 7. Juli 1883.

I) Die Herren v. Seidel und v. Bauernfeind legen der Classe eine Abhandlung des kgl. bayer. Obersten Carl v. Orff vor:

„Ueber die Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels in Bogenhausen."

Dieselbe wird in den „Denkschriften" veröffentlicht.

II) Herr Hessler hält einen Vortrag:

„Ueber die Materia Medica des ältesten indischen Arztes Tscharaka."

Diese Heilmittellehre ist aus der Calkuttaer Ausgabe der Samhitā des Tscharaka, Band I von Seite 299 bis 373 ausgezogen. Es ist diese wahrscheinlich die älteste Indische Materia Medica, wenn nicht etwa die des Susruta älter sein dürfte, was ich früher in dem Commentar zu meiner lateinischen Ausgabe des Susrutas vielleicht zu gewagt behauptet habe. — Die Zeit der Entstehung der Tscharaka-Samhitā wird nach indischer Tradition in das mythische Zeitalter hinaufgerückt (S. 11), was bei den älteren Sanskritwerken sehr beliebt wird. Indessen scheint doch so viel festzustehen, dass die Uranfänge dieses Werkes in jene frühe Zeit fallen, in der die Hindu noch in der Umgegend des Himālaya sesshaft waren; wenigstens scheint dies

daraus geschlossen werden zu dürfen, weil dort die ärztlichen Zusammenkünfte und Berathungen stattfanden (S. 15). Dass uns hier ein Werk von hoher literarischer Bedeutung vorliegt, schon seines hohen Alters wegen, ist zweifellos; daher auch dieser Auszug der Materia Medica aus demselben.

Der Commentar des Gangādhara zum Tscharaka enthält einleitend einige bemerkenswerthe Sätze, die lebhaft an den Darwinismus erinnern, nämlich:

„Die Zeit, durch ihren Umlauf, gleich einem Rade, hat die Natur und Eigenschaft einer ewigen Wanderung, sie ist der Grund aller Umänderungen (S. 79). Alle Wesen, von der ewig sich bewegenden Zeit in Bewegung gesetzt, sind stufenweise umgeändert worden (S. 80). Die Operationen der Zeit und des Raumes bestehen in fortwährender Verbindung und Trennung (S. 168). Was so wird, ist Stoff (S. 176.) Stofflos ist nur, was nicht existirt (S. 61). Die Verbindungen sind nicht beständig; wenn deren Gestaltung eine Species bildet, dann ist diese nicht beständig wegen immer wieder anderer Verbindung (S. 118). Alles dieses muss durch die Sinne wahrgenommen werden; ohne Sinne gibt es keine Wahrnehmung (S. 172). Der Stoff an sich ist zwar ewig, nicht aber seine Zusammensetzung (S. 121)." — So viel aus dem Commentar.

Nun beginnt die Materia Medica des Tscharaka wörtlich:

„Die Bewirkung der Gleichmässigkeit der Körpergrundstoffe ist hier als Endziel dieses Lehrsystems bezeichnet (S. 205).

Luft (im Körper), Galle und Schleim sind die Grundursachen der Verderbnisse des Körpers. Die Krankheiten desselben werden besänftiget durch die auf göttliche Anordnung sich stützenden Heilmittel.

Rauh, kalt, leicht, fein, beweglich, hell und stechend ist die Luft im Körper; sie wird geheilt durch Stoffe von entgegengesetzten Eigenschaften.

Oelhaltig, hitzig, scharf, beweglich, sauer, flüssig und beissend ist die Galle; sie wird schnell geheilt durch Stoffe von entgegengesetzten Eigenschaften.

Schwer, kalt, weich, klebrig, süsslich, zähe und schmierig sind die Schleime; diese Eigenschaften treten Heilung an durch entgegengesetzte Eigenschaften.

Also durch Heilstoffe von den (den Krankheiten) entgegesetzten Eigenschaften, die der Gegend, dem Maasse und der Zeit angemessen sind, entwickeln sich für heilsam erachtete Veränderungen im Körper. — Weiter wird nach der Natur des Stoffes seine ihm eigene Wirkung erläutert.

Des Geschmackes Gegenstand ist das Flüssige; dessen Stoff sind die Wässer und die (darin aufgelösten) Erdbestandtheile. Für die Entstehung und Verschiedenheit (der Wässer) sind der Aether mit den drei weiteren Naturelementen die Ursache.

Süss, sauer, salzhaltig, beissend, auch bitter und zusammenziehend, also sechsfach ist die Eigenschaft der Wässer.

Die süssen, saueren und salzhaltigen Wässer erzeugen Luft im Körper; die zusammenziehenden, süssen und bitteren erzeugen Galle; die zusammenziehenden, herben und bitteren erzeugen Schleim.

Gewisse Stoffe sind Verderbniss beseitigend (Heilmittel); andere die Körpergrundstoffe verderbend (Gifte); wieder andere für die Zustände der Gesunden bestimmt (Nahrungsmittel). Von dreifacher Art sind also die Naturstoffe. — Der Stoff ist ferner von dreifacher Abstammung; er kommt entweder von lebenden Wesen (animalisch), oder ist hervorsprossend (vegetabil), oder aus der Erde (mineralisch).

Honig, Kuhmilch, Galle, Fett, Mark, Blut, Fleisch, Haut, Urin, Same, Knochen, Sehnen, Horn, Nagel, Huf, Haupt- und andere Haare, gelbes Pigment werden, aus lebenden Wesen gewonnen, angewendet.

Gold, Schlamm, Metallmischung, Kies, Kalk, Arsenik, Salz und Röthel sind als mineralische Arzneistoffe angezeigt.

Der vegetabile Stoff ist aber vierfacher Art: blüthenloser Fruchtbaum, Schlinggewächs, blühender Fruchtbaum, einjährige Pflanze. Mit Früchten versehen ist der blüthenlose Fruchtbaum; mit Blüthen und Früchten der blühende Fruchtbaum; die einjährigen Pflanzen endigen mit der Fruchtreife; die Schlinggewächse breiten sich weit aus.

Wurzeln, Rinde, Holz, Ausschwitzung der Bäume, hohle Stengel, Nadeln und Zweige, Pflanzensaft, Früchte, Lauge, Blüthen, Asche, Oele, Blätter, Knospe, Wurzeln, Knollen und Sprossen; dies ist die heraussprossende vegetabile Klasse.

Vier vorzügliche Oele, fünf Salze, acht Urine, acht Milche und noch sechs weitere Reinigungsstoffe sind von Punarvasu genannt. — Wer diese Arzneistoffe zweckmässig anzuwenden versteht in den abnormen Zuständen, der ist ein Veda-Kundiger."

Einschaltend muss hier bemerkt werden, dass die nachfolgenden Pflanzennamen bei verschiedenen Schriftstellern nicht immer die nämlichen Gewächse bedeuten.

„Raphanus sativus, Acorus calamus, Convolvulus turpethum nigrum, Convolvulus turpethum album, Euphorbia tirucalli, Jasminum zambac, Andropogon aciculatum, Salvinia cucullata, Cucumis madraspatanus, Cardiospermum halicacabum, Momordica monadelpha, Crotolaria juncea, Asclepias geminata, Ocymum gratissimum, Antherum tuberosum, Asclepias acida. — Dies sind hier sechzehn Pflanzensaft enthaltende Heilmittel.

Andropogon aciculatum, Momordica monadelpha, Crotolaria juncea, Acorus calamus, Euphorbia tirucalli und Cardiospermum halicacabum sind angezeigt für die Reinigung des Kopfes; die übrigen davon sind anzuwenden zum Auslaxiren.

So sind für die zweifache Ausübung (der inneren und äusseren Heilkunde) die so ausgezeichneten Heilmittel angegeben.

Nun vernimm die weiteren ausgezeichneten Arzneistoffe: Cysampelos hexandra, Embelia ribes, Cucurbita lagenaria, Phaseolus radiatus, die frische und die getrocknete, Indigofera tinctoria, von zweifacher Art, frisch und getrocknet, Cæsalpinia bonducella, Galedupa piscidia, Achyranthes aspera, eben so die Terminalia citrina, Convolvulus argenteus, Momordica mixta, Indigofera anil, Cassia fistula, Echites antidysenterica, Cucumis colocynthis, Andropogon serratum, Vangueria spinosa, Cucumis sativus. — Diese Stoffe sind theils zum Erbrechen theils auch zum Stärken anzuwenden.

Weitere zehn Stoffe sind für das Laxiren in Anwendung zu bringen. Die hier namentlich aufgeführten Heilmittel aber sind neunzehn, nach ihren Indicationen geordnet.

Schmalz, Oel, Fett und Mark sind als dreierlei Fettmittel zum Behufe des Trinkens, Einreibens, Klystierens und als Nasenmittel im Gebrauche. Als geschmeidigend, belebend, Farbe gebend, Kräfte sammelnd und vermehrend, Wind, Galle und Schleim tilgend sind diese Fettmittel verordnet.

Natron, Steinsalz, Soda, Quellsalz, Seesalz sind geschmeidigend, erwärmend und die Verdauung sehr befördernd; sie werden angewendet zu Einreibungen, sowie auch in der fettigmachenden und schweisstreibenden Methode, in oberen und unteren Körpertheilen, in abführenden Klystieren, zum Besalben, zur Speisebereitung und zur Reinigung des Kopfes, bei chirurgischen Operationen, zum Zäpfchensetzen, zum Bestreichen und Ausheilen, in der Indigestion und Leibesverstopfung, in der Windsucht, bei der Unterleibsanschwellung, bei der Kolik im Unterleibe.

Die salzhaltigen Mittel sind also erörtert; nun vernimm weiter von mir die acht Arten der Urine, nämlich die acht vorzüglichsten nach Atreya's Anweisung: Schafurin, Ziegenurin, Rindsurin, und welcher vom Büffel kommt, Elephantenurin, dann der des Kameeles, des Pferdes und des Esels — ist hitzig, scharf, beissend und salzig. Der Urin ist indicirt

zum Ausheilen (der Wunden und Geschwüre), zu Einreibungen, zum Stärken und zum Ausreinigen (Laxiren). Derselbe ist auch angezeigt zum Schweisstreiben, bei Verstopfungen und als Gegengift; ferner bei Unterleibsauftreibungen, bei Hämorrhoidalknoten, in Unterleibsverhärtungen, und im krätzigen Aussatze. Er wird auch zu Umschlägen und Begiessungen verwendet. Auch wird er als die Verdauung befördernd und Würmer tödtend erklärt. Er ist als das wichtigste Mittel für die von der Gelbsucht Befallenen in jeder Hinsicht indicirt. Auch vermag er den Schleim zu lösen, die Galle und die Luft (im Körper) hervorzulocken, und kann die Unterleibsgalle ausziehen. — Soweit die Zusammenfassung seiner (des Urines) Wirkung —; sie ist hier nur im Allgemeinen von mir vorgetragen; im Besonderen aber wird noch davon gesprochen werden.

Nun werden die Milche vorgetragen und deren Wirkungen und Eigenschaften erörtert. Schafmilch, Ziegenmilch, Kuhmilch, und welche von der Büffelkuh kommt, Milch von Kameelen, Stuten und so auch Muttermilch. Die Brustmilch ist meistentheils als süsslich, klebrig und kühlend erachtet. Sie ist beruhigend, Wachsthum befördernd, die männliche Potenz erregend, Intelligenz, Kraft und Verstand bewirkend, das Leben verlängernd, Erschlaffung beseitigend, Katarrh und Husten entfernend. Sie tilgt den galligten Blutsturz, ist Wundvereinigungsmittel, jedermann zuträglich, mildernd, reinigend, den Durst löschend, die Verdauung befördernd, sie ist das vorzüglichste Mittel bei den heruntergekommenen Verwundeten. In der Gelbsucht, bei der saueren Galle, in der Darrsucht, in der Unterleibsanschwellung, in der Bauchwassersucht, beim Durchfalle, im Fieber, in der Hitze, in der Aufgedunsenheit, in der Störung der Gebärmutter und des Samens, in Harnkrankheiten, bei Mutterblutflüssen, bei erhärtetem Kothe wird sie verordnet, sie ist mit Windsucht und Galle Behafteten durchaus heilsam. Die

Herr v. Gümbel übergibt eine Abhandlung des correspond. Mitgliedes Prof. Pfaff in Erlangen:

„Untersuchungen über die absolute Härte des Kalkspathes und Gypses und das Wesen der Härte."

(Mit Tafel I, II, III.)

In einer früheren Mittheilung (Sitzungsber. 1863 S. 55) habe ich im Allgemeinen das Princip und das Verfahren dargestellt, die absolute Härte der Mineralien zu bestimmen. Ich begnügte mich damals, nur wenige Versuche aufzuführen, um die Brauchbarkeit dieser neuen Methode, die Härte verschiedener Mineralien mit einem einheitlichen Maasse zu messen, nachzuweisen, und zugleich für die wichtigsten nach der bisher üblichen willkührlichen Härteskala zum Bestimmen der Härte anderer Mineralien gebrauchten Substanzen die absolute Härte in verschiedenen Richtungen festzusetzen.

Mit dieser Methode ist man nun in den Stand gesetzt, der Aufgabe zu genügen, sowohl die Härte der verschiedenen Mineralien unter einander zu vergleichen, als auch für ein und dasselbe Mineral die Verschiedenheit in der Härte nicht nur auf ein und derselben Fläche nach verschiedenen Richtungen genau zu bestimmen, was auch bisher schon ziemlich gelang, sondern auch den Wechsel in der Härte auf den verschiedenen Flächen eines und desselben Krystalles sicher zu ermitteln. Ist einmal eine grössere Anzahl solcher Härtebestimmungen durchgeführt, so wird es möglich sein, Formeln für die Härte aufzustellen, welche es ermöglichen, für jede

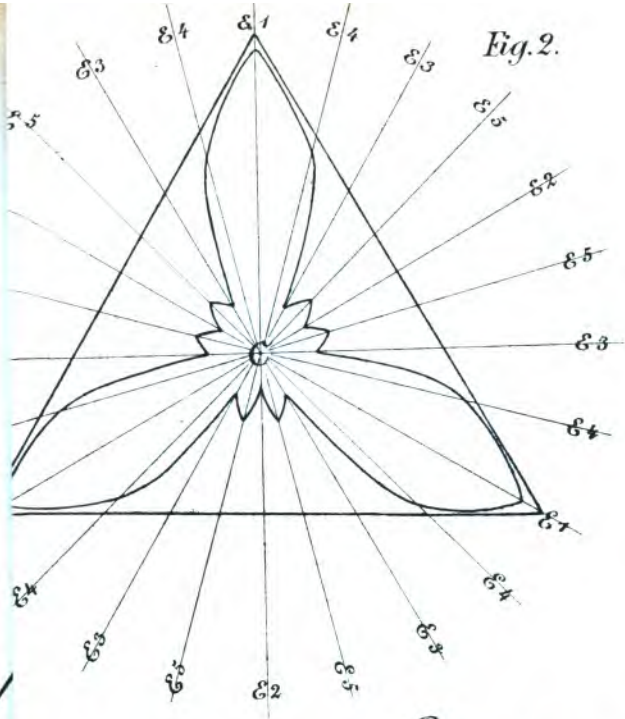


Fig. 2.

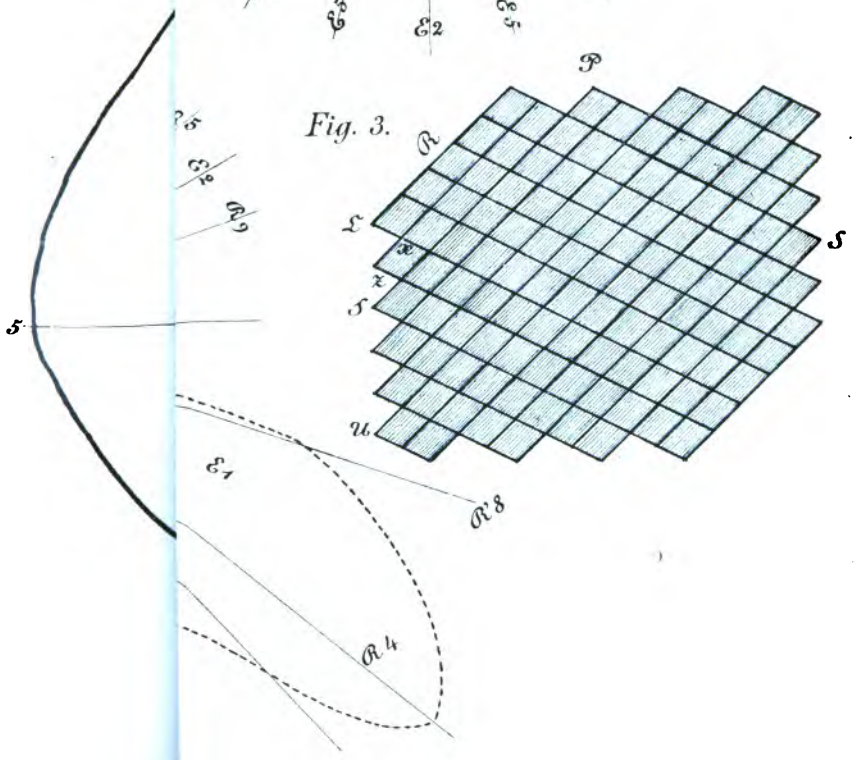


Fig. 3.

Fläche eines Krystalles und für jede Richtung die absolute Härte zu berechnen, wenn dieselbe nach einigen Richtungen durch den Versuch ermittelt ist, wie dies schon von Exner unternommen wurde.

Ehe ich die Resultate meiner neueren Untersuchungen mittheile, will ich jedoch genauer den dazu construirten Apparat und die Methode der Versuche beschreiben, da es mir sehr wünschenswerth erscheint, dass derartige Versuche, die immerhin ziemliche Zeit in Anspruch nehmen, recht oft vorgenommen und in die Reihe der nothwendigen Prüfungen einer Mineralsubstanz gleich den übrigen physikalischen aufgenommen werden. Gerade durch die Mittheilung mancher von mir gemachter Erfahrungen glaube ich Anderen Zeit und Mühe ersparen zu können. Fig. 1 Taf. III gibt eine verkleinerte Abbildung des Apparates[1]), wie er sich nach mancherlei Verbesserungen als vollkommen zweckentsprechend herausgestellt hat. Auf dem zur Aufnahme des Krystallträgers (Fig. 2) bestimmten Gehäuse A ist ein Schlittenapparat B angebracht, welcher durch die kleine Triebstange D mit der Scheibe C verbunden ist. Durch das Drehen derselben wird dann der Schlitten B hin- und hergeschoben. Die Länge seines Weges wird je nach der Grösse der zur Verfügung stehenden Krystalle regulirt und zwar durch die Mikrometerschraube E, durch welche eine Hülse auf der Rückseite der Scheibe auf- und abgeschoben werden kann, an welcher das untere Ende der Triebstange D befestigt ist. Der Schlitten ist durchbohrt, durch die Bohrung geht die kleine Säule F, an deren unterem Ende sich der Diamant befindet, welcher durch die Bewegung des Schlittens den Krystall abhobelt, wenn derselbe unter ihm auf dem Krystallträger angebracht wird. Dieses Säulchen kann sich leicht

1) Der hiesige Universitäts-Mechaniker Reiniger hat denselben mit grosser Sorgfalt und Präcision hergestellt, und ist erbötig, weitere derartige inclusive des passenden Diamanten zu 50 Mk. zu liefern.

Fläche eines Krystalles und für jede Richtung die absolute Härte zu berechnen, wenn dieselbe nach einigen Richtungen durch den Versuch ermittelt ist, wie dies schon von Exner unternommen wurde.

Ehe ich die Resultate meiner neueren Untersuchungen mittheile, will ich jedoch genauer den dazu construirten Apparat und die Methode der Versuche beschreiben, da es mir sehr wünschenswerth erscheint, dass derartige Versuche, die immerhin ziemliche Zeit in Anspruch nehmen, recht oft vorgenommen und in die Reihe der nothwendigen Prüfungen einer Mineralsubstanz gleich den übrigen physikalischen aufgenommen werden. Gerade durch die Mittheilung mancher von mir gemachter Erfahrungen glaube ich Anderen Zeit und Mühe ersparen zu können. Fig. 1 Taf. III gibt eine verkleinerte Abbildung des Apparates[1]), wie er sich nach mancherlei Verbesserungen als vollkommen zweckentsprechend herausgestellt hat. Auf dem zur Aufnahme des Krystallträgers (Fig. 2) bestimmten Gehäuse A ist ein Schlittenapparat B angebracht, welcher durch die kleine Triebstange D mit der Scheibe C verbunden ist. Durch das Drehen derselben wird dann der Schlitten B hin- und hergeschoben. Die Länge seines Weges wird je nach der Grösse der zur Verfügung stehenden Krystalle regulirt und zwar durch die Mikrometerschraube E, durch welche eine Hülse auf der Rückseite der Scheibe auf- und abgeschoben werden kann, an welcher das untere Ende der Triebstange D befestigt ist. Der Schlitten ist durchbohrt, durch die [illegible] geht die kleine Säule F, an deren unterem End[illegible] Diamant befindet, welcher durch die Bewegung [illegible]ttens den Krystall abhobelt, [illegible]lbe unter [illegible] Krystall-träger angebrach[illegible]es Säule[illegible]ch l[illegible]

1) Der hiesige [illegible]chaniker [illegible] den mit grosser Sorgfal[illegible]ergestel[illegible]tig, derartige inclusive [illegible]iamant[illegible]

senkrecht auf und ab bewegen, aber nicht drehen. Um dies zu verhindern ist es bei G angefeilt und oben durch eine in den Einschnitt passende kleine Messingplatte H vom Drehen abgehalten. Unmittelbar über dem Schlitten ist das Säulchen F von einer verschiebbaren und mit einer Klemmschraube versehenen Hülse I umgeben, auf welcher ein Gewicht ruht. Will man eine stärkere Belastung für härtere Krystalle, so kann man auch noch am oberen Ende von F solche durchbohrte Gewichte anbringen.

Für genaue Härtebestimmungen ist es unerlässlich, den Diamanten nur beim Vor- oder nur beim Rückwärtsgehen wirken zu lassen. Man erreicht dies sehr einfach durch den beweglichen Arm K. Derselbe ist hinten auf dem Schlitten befestigt und ruht niedergelassen auf der Drehachse der Scheibe C. Eine auf seiner Rückseite angebrachte Gabel kommt, wenn er niedergelassen ist, genau unter die herabgelassene Hülse I. Am unteren Ende der Mikrometerschraube E befindet sich auf der Scheibe C ein Stift, der beim Drehen der Scheibe, während er sich auf ihrer oberen Hälfte bewegt, den Arm K und mit ihm den Diamantträger F hebt, so dass, je nachdem man von rechts nach links, oder von links nach rechts die Scheibe dreht, der Diamant beim Bewegen des Schlittens von vorn nach hinten, resp. von rechts nach links oder umgekehrt den Krystall nicht berühren kann, und nur in einer Richtung ihn abhobelt.

Fig. 2 stellt nun den Krystallträger dar, welcher wohl keiner näheren Beschreibung bedarf. Der Krystall wird auf die drehbare und mit einer Kreistheilung versehene Scheibe S anfgesiegelt. Durch eine einfache Klemmvorrichtung L ist die Scheibe in jeder Lage festzuhalten. Die Mikrometerschraube M gestattet die Scheibe auf ihrem Schlitten gleichmässig vorzuschieben. N stellt ein Zählerwerk dar, welches anzeigt, wie viel Viertelsumdrehungen die Schraube macht. Es ist dies wünschenswerth, um nicht während des Hobelns

durch Drehen der Scheibe C immer erst sich notiren zu müssen, wenn und wie oft man die Schraube M gedreht hat. Der Krystallträger wird auf die verschiebbare und ebenfalls durch eine Schraube festzuhaltende Platte T gebracht und nun der Krystall theils durch Verschiebung dieser Bodenplatte T, von der ich, um bei grösserer oder geringerer Dicke der Krystalle nicht zu viel mit den Stellschrauben des Krystallträgers die richtige Höhe der Krystallfläche herbeiführen zu müssen, 3 von verschiedener Dicke habe machen lassen, theils durch die Mikrometerschraube M in die zum Hobeln bestimmte Richtung gebracht, soweit diese nicht schon durch die Drehung der Scheibe S passend herbeigeführt worden ist.

Der ganze Apparat wird durch eine Schraube, wie sie die Schreiner führen, auf einer Tischplatte bei den Versuchen festgehalten.

Ganz unerlässlich ist es, den Diamantenträger genau senkrecht zu stellen, was mit Hilfe einer Libelle, die man der Länge und dann der Quere nach auf den Schlitten stellt, leicht erkannt werden kann. Ebenso sorgfältig muss man auch darauf sehen, dass die zu hobelnde Krystallfläche horizontal steht, wenigstens nicht in der Richtung des Hobelns geneigt sei, da namentlich, wenn der Diamant beim Hobeln etwas bergan zu gehen hat, die Menge des abgeschabten Pulvers immer zu gross wird. Man kann dies ebenfalls sehr leicht constatiren, ob die Fläche nach dieser Richtung horizontal steht, wenn man zuerst durch die Hülse I den Diamant so stellt, dass er den Krystall nicht völlig berührt. Am einfachsten erreicht man dies, wenn man auf den Krystall ein Streifchen Postpapier legt, den Diamant auf dasselbe aufstellt und nun die Hülse I klemmt. Nimmt man dann, den Diamant wieder etwas hebend, das Papier weg und schiebt nun den Schlitten hin und her, so sieht man dann ganz gut, ob die Krystallfläche nirgends von dem Diamanten berührt wird, und ersterer auch am Anfange und Ende seines Weges

gleich weit von der Krystallfläche entfernt bleibt. Ist das der Fall oder durch die Stellschrauben am Krystallträger erreicht, so senke man dann die Hülse I etwas herab und der Diamant kann nun auf den Krystall einwirken, sowie man die Scheibe dreht.

Welche Belastung man dem Diamanten zu geben hat, hängt einerseits von der Schärfe desselben und der Ausdehnung seiner Schneide ab, andrerseits natürlich auch von der Härte des zu untersuchenden Krystalles, und muss die passende Belastung durch einige vorläufige Versuche erst ermittelt werden. Je geringer die Belastung ist, desto weniger hat man bei sehr gut nach verschiedenen Richtungen spaltbaren Mineralien zu befürchten, dass kleine Stücken abgesprengt und die Flächen rauh und ungleich tief ausgehobelt werden, doch muss man sie so hoch wählen, dass auch in den härtesten Richtungen das abgehobelte nur durch Wiegen zu bestimmende Material noch genau auf der Wage der Menge nach gefunden werden kann. Bei dieser Methode hat man allerdings den grossen Vortheil, dass man durch Vergrösserung des gehobelten Streifens und durch Vermehrung der Zahl der Hin- und Hergänge auch bei verhältnissmässig geringer Belastung doch noch sichere Gewichtsbestimmungen zu Wege bringen kann. Lässt es die Ausdehnung des Krystalles zu, so hobele ich stets einen Streifen von 20 mm Länge und 5 mm Breite, also 100 qmm, und zwar in der Art, dass ich je nach der verschiedenen Härte den Schlitten 20—50mal hin und her bewege, ehe ich durch die Mikrometerschraube den Krystall um $^1/_{10}$ mm weiterschiebe. Man erhält auf diese Weise sehr zufriedenstellende Resultate; wenn die Flächen nicht von sehr ungünstiger Beschaffenheit sind, d h. wenn ihre Lage bei sehr gut spaltbaren Mineralien nicht so ist, dass ein Ausspringen schon beim Schleifen und beim Hobeln in gewissen Richtungen kaum zu vermeiden ist, wie diess z. B. auf der geraden Endfläche beim Kalkspath in der

Richtung von der Spitze des Dreieckes nach der Grundlinie der Fall ist, so stimmen die einzelnen Versuche in derselben Richtung gewöhnlich so gut überein, dass die Gewichtsdifferenz zwischen den verschiedenen Bestimmungen gewöhnlich nicht mehr als 0,3—0,5 mgr beträgt und das letztere nur dann, wenn die Menge des abgehobelten Pulvers 20 oder mehr mgr ausmachte. Sämmtliche Wiegungen wurden auf einer neuen, ausgezeichneten Analysenwage von Herrn Westphal in Celle vorgenommen, die bei der in allen meinen Versuchen 36 gr nicht übersteigenden Belastung $^1/_{10}$ mgr noch mit Sicherheit angab. Für harte Krystalle, wie Bergkrystall, Feldspath, empfiehlt es sich, einen feineren, d. h. eine weniger ausgedehnte Schneide besitzenden Diamant zu verwenden, um auch hier noch wenigstens 2—3 mgr abhobeln zu können, ohne die Belastung zu hoch steigern oder die Zahl der Hin- und Hergänge des Hobels allzugross machen zu müssen. Für die Mineralien von geringerer Härte eignen sich ganz besonders gut Diamantsplitter mit meiselförmiger geradliniger Schneide, wie sie namentlich abgebrochene Diamantbohrer häufig zeigen [1])

Wenn man nun auf diese Weise die absolute Härte eines Minerals in einer bestimmten Richtung ermitteln will, muss man ein bestimmtes Maass als Einheit der Härte festsetzen. Man hat bisher in der Mineralogie den Talk als Einheit gewählt. Ich glaube aber, dass derselbe keinen sicheren Maassstab gewährt und erlaube mir daher den Speckstein als Einheit der Härte festzusetzen. Mag man nun das Verfahren Seebecks' mit irgend einem der nach demselben Principe construirten Apparate, wie die von Franz oder Grailich und Pekárek zur Härtebestimmung verwenden, oder die von

1) Herr Ernst Winter, Diamanteur in Hamburg, hat mir mit grosser Bereitwilligkeit eine Reihe verschiedener Splitter und abgebrochener Bohrer zu beliebiger Auswahl überschickt, und wird gewiss auch Fachgenossen, die sich an ihn wenden, in gleicher Weise aushelfen.

mir angewandte Methode, immer wird sich der Talk als ein etwas zähes und durchaus nicht sprödes Mineral schlecht zur Vergleichung der Härte spröder Krystalle eignen, die einzelnen Versuche mit ihm stimmen nicht sehr gut mit einander überein. Dagegen ist der Speckstein, wenn auch etwas härter, doch noch eines der weichsten Mineralien, hobelt sich eben so gut als er sich ritzen lässt und hat als amorphes Mineral noch den Vortheil, in der That nur eine Härte zu besitzen. Er ist daher in den folgenden Versuchen als Maasseinheit der Härte zu Grunde gelegt. Für die Berechnung der Härte ist die Annahme gemacht, dass bei gleicher Belastung, gleicher Zahl des Ueberfahrens der Krystallfläche mit dem Diamanten und gleichem Flächeninhalte der gehobelten Streifen sich die Härte zweier Mineralien verhalte, umgekehrt wie das Volumen des bei dem Versuche verlorenen d. h. weggehobelten Pulvers, d. h. also umgekehrt wie die Gewichtsverluste dividirt durch das spezifische Gewicht der untersuchten Substanz.

Man muss daher selbstverständlich alle die Belastungen, welche man für die Mineralien von etwas grösserer Härte verwendet, auch vorher an dem Specksteine anwenden, da je nach der Form des Diamantsplitters das Ergebniss bei verschiedenen Belastungen ein nicht im einfachen Verhältnisse zur Belastung stehendes, jedenfalls erst empirisch zu bestimmendes sein muss. Für die härtesten (unter der Edelsteinhärte) wie Quarz, Feldspath empfiehlt es sich dann, eines der minder harten, aber doch den Speckstein an Härte bedeutend übertreffenden Mineralien, dessen Härtenverhältniss zum Speckstein bereits ermittelt ist, zum Vergleiche zu wählen, z. B. die Säulenflächen des Kalkspaths, die man dann zuerst bei der geringeren Belastung prüft, welche noch sicher bestimmbare Mengen wegnimmt und für den Speckstein noch gut verwendbar ist, dann aber auch eine viel höhere, wie sie eben die harten Mineralien erfordern,

um noch sicher wägbare, wenigstens 1—3 mgr ausmachende Abtragungen zu erhalten. In den wenigsten Fällen kann man natürliche Krystallflächen ohne Weiteres für die Versuche verwenden; nur bei Gyps und Glimmer erhält man ganz ebene Spaltungsflächen, selbst beim Kalkspath sind die Rhomboëderflächen nach dem Spalten nur in ganz kleiner Ausdehnung vollkommen glatt und nicht fein terrassenförmig. Ich habe daher stets, mit Ausnahme der Fläche P des Gypses und Glimmers, alle Flächen vorher möglichst fein geschliffen, aber nicht polirt. Durch das Poliren wird häufig die Beschaffenheit der Flächen eine ganz andere, nicht natürliche, wie dies schon aus der Veränderung des Polarisationswinkels bei Reflexion in manchen Fällen hervorgeht, und für die von mir angewandte Methode ist das auch nicht nöthig, weil ja doch ein und dieselbe Stelle 20—50mal mit dem Diamant überfahren wird und daher nach wenigen Gängen des Schlittens doch schon eine etwas rauhe Fläche wieder da ist. Dagegen wurde das Schleifen möglichst fein vorgenommen, zuletzt auf einem sehr feinkörnigen Kiesel, wie sie sich in unserem Keuper finden, mit Wasser und sehr wenig vom feinsten Schmirgel. Selbst die Endflächen des Kalkspaths werden auf diese Weise so fein, dass sie bei sehr schiefer Incidenz noch deutlich erkennbare Bilder geben.

Ich theile nun zunächst einige Versuchsreihen mit und wähle dazu vor allen die beiden Mineralien, welche leicht in grossen Krystallen zu haben sind, den Kalkspath und den Gyps. Von dem ersteren haben wir eine ziemliche Anzahl von vergleichenden Angaben der Härte auf seinen verschiedenen Flächen, spärlicher liegen sie vom Gyps vor. Vergleicht man diese Angaben miteinander, so wird man sich sofort überzeugen, wie widersprechend dieselben lauten, und schon aus diesem Grunde war eine Wiederholung dieser Versuche nach einer neuen Methode wünschenswerth. Dazu

Fläche eines Krystalles und für jede Richtung die absolute Härte zu berechnen, wenn dieselbe nach einigen Richtungen durch den Versuch ermittelt ist, wie dies schon von Exner unternommen wurde.

Ehe ich die Resultate meiner neueren Untersuchungen mittheile, will ich jedoch genauer den dazu construirten Apparat und die Methode der Versuche beschreiben, da es mir sehr wünschenswerth erscheint, dass derartige Versuche, die immerhin ziemliche Zeit in Anspruch nehmen, recht oft vorgenommen und in die Reihe der nothwendigen Prüfungen einer Mineralsubstanz gleich den übrigen physikalischen aufgenommen werden. Gerade durch die Mittheilung mancher von mir gemachter Erfahrungen glaube ich Anderen Zeit und Mühe ersparen zu können. Fig. 1 Taf. III gibt eine verkleinerte Abbildung des Apparates[1]), wie er sich nach mancherlei Verbesserungen als vollkommen zweckentsprechend herausgestellt hat. Auf dem zur Aufnahme des Krystallträgers (Fig. 2) bestimmten Gehäuse A ist ein Schlittenapparat B angebracht, welcher durch die kleine Triebstange D mit der Scheibe C verbunden ist. Durch das Drehen derselben wird dann der Schlitten B hin- und hergeschoben. Die Länge seines Weges wird je nach der Grösse der zur Verfügung stehenden Krystalle regulirt und zwar durch die Mikrometerschraube E, durch welche eine Hülse auf der Rückseite der Scheibe auf- und abgeschoben werden kann, an welcher das untere Ende der Triebstange D befestigt ist. Der Schlitten ist durchbohrt, durch die Bohrung geht die kleine Säule F, an deren unterem Ende sich der Diamant befindet, welcher durch die Bewegung des Schlittens den Krystall abhobelt, wenn derselbe unter ihm auf dem Krystallträger angebracht wird. Dieses Säulchen kann sich leicht

1) Der hiesige Universitäts-Mechaniker Reiniger hat denselben mit grosser Sorgfalt und Präcision hergestellt, und ist erbötig, weitere derartige inclusive des passenden Diamanten zu 50 Mk. zu liefern.

senkrecht auf und ab bewegen, aber nicht drehen. Um dies zu verhindern ist es bei G angefeilt und oben durch eine in den Einschnitt passende kleine Messingplatte H vom Drehen abgehalten. Unmittelbar über dem Schlitten ist das Säulchen F von einer verschiebbaren und mit einer Klemmschraube versehenen Hülse I umgeben, auf welcher ein Gewicht ruht. Will man eine stärkere Belastung für härtere Krystalle, so kann man auch noch am oberen Ende von F solche durchbohrte Gewichte anbringen.

Für genaue Härtebestimmungen ist es unerlässlich, den Diamanten nur beim Vor- oder nur beim Rückwärtsgehen wirken zu lassen. Man erreicht dies sehr einfach durch den beweglichen Arm K. Derselbe ist hinten auf dem Schlitten befestigt und ruht niedergelassen auf der Drehachse der Scheibe C. Eine auf seiner Rückseite angebrachte Gabel kommt, wenn er niedergelassen ist, genau unter die herabgelassene Hülse I. Am unteren Ende der Mikrometerschraube E befindet sich auf der Scheibe C ein Stift, der beim Drehen der Scheibe, während er sich auf ihrer oberen Hälfte bewegt, den Arm K und mit ihm den Diamantträger F hebt, so dass, je nachdem man von rechts nach links, oder von links nach rechts die Scheibe dreht, der Diamant beim Bewegen des Schlittens von vorn nach hinten, resp. von rechts nach links oder umgekehrt den Krystall nicht berühren kann, und nur in einer Richtung ihn abhobelt.

Fig. 2 stellt nun den Krystallträger dar, welcher wohl keiner näheren Beschreibung bedarf. Der Krystall wird auf die drehbare und mit einer Kreistheilung versehene Scheibe S anfgesiegelt. Durch eine einfache Klemmvorrichtung L ist die Scheibe in jeder Lage festzuhalten. Die Mikrometerschraube M gestattet die Scheibe auf ihrem Schlitten gleichmässig vorzuschieben. N stellt ein Zählerwerk dar, welches anzeigt, wie viel Viertelsumdrehungen die Schraube macht. Es ist dies wünschenswerth, um nicht während des Hobelns

durch Drehen der Scheibe C immer erst sich notiren zu müssen, wenn und wie oft man die Schraube M gedreht hat. Der Krystallträger wird auf die verschiebbare und ebenfalls durch eine Schraube festzuhaltende Platte T gebracht und nun der Krystall theils durch Verschiebung dieser Bodenplatte T, von der ich, um bei grösserer oder geringerer Dicke der Krystalle nicht zu viel mit den Stellschrauben des Krystallträgers die richtige Höhe der Krystallfläche herbeiführen zu müssen, 3 von verschiedener Dicke habe machen lassen, theils durch die Mikrometerschraube M in die zum Hobeln bestimmte Richtung gebracht, soweit diese nicht schon durch die Drehung der Scheibe S passend herbeigeführt worden ist.

Der ganze Apparat wird durch eine Schraube, wie sie die Schreiner führen, auf einer Tischplatte bei den Versuchen festgehalten.

Ganz unerlässlich ist es, den Diamantenträger genau senkrecht zu stellen, was mit Hilfe einer Libelle, die man der Länge und dann der Quere nach auf den Schlitten stellt, leicht erkannt werden kann. Ebenso sorgfältig muss man auch darauf sehen, dass die zu hobelnde Krystallfläche horizontal steht, wenigstens nicht in der Richtung des Hobelns geneigt sei, da namentlich, wenn der Diamant beim Hobeln etwas bergan zu gehen hat, die Menge des abgeschabten Pulvers immer zu gross wird. Man kann dies ebenfalls sehr leicht constatiren, ob die Fläche nach dieser Richtung horizontal steht, wenn man zuerst durch die Hülse I den Diamant so stellt, dass er den Krystall nicht völlig berührt. Am einfachsten erreicht man dies, wenn man auf den Krystall ein Streifchen Postpapier legt, den Diamant auf dasselbe aufstellt und nun die Hülse I klemmt. Nimmt man dann, den Diamant wieder etwas hebend, das Papier weg und schiebt nun den Schlitten hin und her, so sieht man dann ganz gut, ob die Krystallfläche nirgends von dem Diamanten berührt wird, und ersterer auch am Anfange und Ende seines Weges

gleich weit von der Krystallfläche entfernt bleibt. Ist das der Fall oder durch die Stellschrauben am Krystallträger erreicht, so senke man dann die Hülse I etwas herab und der Diamant kann nun auf den Krystall einwirken, sowie man die Scheibe dreht.

Welche Belastung man dem Diamanten zu geben hat, hängt einerseits von der Schärfe desselben und der Ausdehnung seiner Schneide ab, andrerseits natürlich auch von der Härte des zu untersuchenden Krystalles, und muss die passende Belastung durch einige vorläufige Versuche erst ermittelt werden. Je geringer die Belastung ist, desto weniger hat man bei sehr gut nach verschiedenen Richtungen spaltbaren Mineralien zu befürchten, dass kleine Stücken abgesprengt und die Flächen rauh und ungleich tief ausgehobelt werden, doch muss man sie so hoch wählen, dass auch in den härtesten Richtungen das abgehobelte nur durch Wiegen zu bestimmende Material noch genau auf der Wage der Menge nach gefunden werden kann. Bei dieser Methode hat man allerdings den grossen Vortheil, dass man durch Vergrösserung des gehobelten Streifens und durch Vermehrung der Zahl der Hin- und Hergänge auch bei verhältnissmässig geringer Belastung doch noch sichere Gewichtsbestimmungen zu Wege bringen kann. Lässt es die Ausdehnung des Krystalles zu, so hobele ich stets einen Streifen von 20 mm Länge und 5 mm Breite, also 100 qmm, und zwar in der Art, dass ich je nach der verschiedenen Härte den Schlitten 20—50mal hin und her bewege, ehe ich durch die Mikrometerschraube den Krystall um $^1/_{10}$ mm weiterschiebe. Man erhält auf diese Weise sehr zufriedenstellende Resultate; wenn die Flächen nicht von sehr ungünstiger Beschaffenheit sind, d h. wenn ihre Lage bei sehr gut spaltbaren Mineralien nicht so ist, dass ein Ausspringen schon beim Schleifen und beim Hobeln in gewissen Richtungen kaum zu vermeiden ist, wie diess z. B. auf der geraden Endfläche beim Kalkspath in der

Richtung von der Spitze des Dreieckes nach der Grundlinie der Fall ist, so stimmen die einzelnen Versuche in derselben Richtung gewöhnlich so gut überein, dass die Gewichtsdifferenz zwischen den verschiedenen Bestimmungen gewöhnlich nicht mehr als 0,3 — 0,5 mgr beträgt und das letztere nur dann, wenn die Menge des abgehobelten Pulvers 20 oder mehr mgr ausmachte. Sämmtliche Wiegungen wurden auf einer neuen, ausgezeichneten Analysenwage von Herrn Westphal in Celle vorgenommen, die bei der in allen meinen Versuchen 36 gr nicht übersteigenden Belastung $^1/_{10}$ mgr noch mit Sicherheit angab. Für harte Krystalle, wie Bergkrystall, Feldspath, empfiehlt es sich, einen feineren, d. h. eine weniger ausgedehnte Schneide besitzenden Diamant zu verwenden, um auch hier noch wenigstens 2—3 mgr abhobeln zu können, ohne die Belastung zu hoch steigern oder die Zahl der Hin- und Hergänge des Hobels allzugross machen zu müssen. Für die Mineralien von geringerer Härte eignen sich ganz besonders gut Diamantsplitter mit meiselförmiger geradliniger Schneide, wie sie namentlich abgebrochene Diamantbohrer häufig zeigen [1])

Wenn man nun auf diese Weise die absolute Härte eines Minerals in einer bestimmten Richtung ermitteln will, muss man ein bestimmtes Maass als Einheit der Härte festsetzen. Man hat bisher in der Mineralogie den Talk als Einheit gewählt. Ich glaube aber, dass derselbe keinen sicheren Maassstab gewährt und erlaube mir daher den Speckstein als Einheit der Härte festzusetzen. Mag man nun das Verfahren Seebecks mit irgend einem der nach demselben Principe construirten Apparate, wie die von Franz oder Grailich und Pekárek zur Härtebestimmung verwenden, oder die von

1) Herr Ernst Winter, Diamanteur in Hamburg, hat mir mit grosser Bereitwilligkeit eine Reihe verschiedener Splitter und abgebrochener Bohrer zu beliebiger Auswahl überschickt, und wird gewiss auch Fachgenossen, die sich an ihn wenden, in gleicher Weise aushelfen.

mir angewandte Methode, immer wird sich der Talk als ein etwas zähes und durchaus nicht sprödes Mineral schlecht zur Vergleichung der Härte spröder Krystalle eignen, die einzelnen Versuche mit ihm stimmen nicht sehr gut mit einander überein. Dagegen ist der Speckstein, wenn auch etwas härter, doch noch eines der weichsten Mineralien, hobelt sich eben so gut als er sich ritzen lässt und hat als amorphes Mineral noch den Vortheil, in der That nur eine Härte zu besitzen. Er ist daher in den folgenden Versuchen als Maassseinheit der Härte zu Grunde gelegt. Für die Berechnung der Härte ist die Annahme gemacht, dass bei gleicher Belastung, gleicher Zahl des Ueberfahrens der Krystallfläche mit dem Diamanten und gleichem Flächeninhalte der gehobelten Streifen sich die Härte zweier Mineralien verhalte, umgekehrt wie das Volumen des bei dem Versuche verlorenen d. h. weggehobelten Pulvers, d. h. also umgekehrt wie die Gewichtsverluste dividirt durch das spezifische Gewicht der untersuchten Substanz.

Man muss daher selbstverständlich alle die Belastungen, welche man für die Mineralien von etwas grösserer Härte verwendet, auch vorher an dem Specksteine anwenden, da je nach der Form des Diamantsplitters das Ergebniss bei verschiedenen Belastungen ein nicht im einfachen Verhältnisse zur Belastung stehendes, jedenfalls erst empirisch zu bestimmendes sein muss. Für die härtesten (unter der Edelsteinhärte) wie Quarz, Feldspath empfiehlt es sich dann, eines der minder harten, aber doch den Speckstein an Härte bedeutend übertreffenden Mineralien, dessen Härtenverhältniss zum Speckstein bereits ermittelt ist, zum Vergleiche zu wählen, z. B. die Säulenflächen des Kalkspaths, die man dann zuerst bei der geringeren Belastung prüft, welche noch sicher bestimmbare Mengen wegnimmt und für den Speckstein noch gut verwendbar ist, dann aber auch eine viel höhere, wie sie eben die harten Mineralien erfordern,

um noch sicher wägbare, wenigstens 1—3 mgr ausmachende Abtragungen zu erhalten. In den wenigsten Fällen kann man natürliche Krystallflächen ohne Weiteres für die Versuche verwenden; nur bei Gyps und Glimmer erhält man ganz ebene Spaltungsflächen, selbst beim Kalkspath sind die Rhomboëderflächen nach dem Spalten nur in ganz kleiner Ausdehnung vollkommen glatt und nicht fein terrassenförmig. Ich habe daher stets, mit Ausnahme der Fläche P des Gypses und Glimmers, alle Flächen vorher möglichst fein geschliffen, aber nicht polirt. Durch das Poliren wird häufig die Beschaffenheit der Flächen eine ganz andere, nicht natürliche, wie dies schon aus der Veränderung des Polarisationswinkels bei Reflexion in manchen Fällen hervorgeht, und für die von mir angewandte Methode ist das auch nicht nöthig, weil ja doch ein und dieselbe Stelle 20—50mal mit dem Diamant überfahren wird und daher nach wenigen Gängen des Schlittens doch schon eine etwas rauhe Fläche wieder da ist. Dagegen wurde das Schleifen möglichst fein vorgenommen, zuletzt auf einem sehr feinkörnigen Kiesel, wie sie sich in unserem Keuper finden, mit Wasser und sehr wenig vom feinsten Schmirgel. Selbst die Endflächen des Kalkspaths werden auf diese Weise so fein, dass sie bei sehr schiefer Incidenz noch deutlich erkennbare Bilder geben.

Ich theile nun zunächst einige Versuchsreihen mit und wähle dazu vor allen die beiden Mineralien, welche leicht in grossen Krystallen zu haben sind, den Kalkspath und den Gyps. Von dem ersteren haben wir eine ziemliche Anzahl von vergleichenden Angaben der Härte auf seinen verschiedenen Flächen, spärlicher liegen sie vom Gyps vor. Vergleicht man diese Angaben miteinander, so wird man sich sofort überzeugen, wie widersprechend dieselben lauten, und schon aus diesem Grunde war eine Wiederholung dieser Versuche nach einer neuen Methode wünschenswerth. Dazu

kommt noch, dass gerade diese beiden Mineralien für die theoretischen Untersuchungen über die Verschiedenheit der Härte eine ganz besondere Bedeutung haben, wie wir das im Folgenden noch näher zu besprechen haben.

So giebt z. B. für die Rhomboëderfläche des Kalkspathes Frankenheim als Maximum der Härte die Querdiagonale an, Seebeck die Richtung parallel der Kante, womit Franz, Grailich und Pekárek übereinstimmen, Exner fand ebenfalls nahezu das Maximum in der Querdiagonale. Das Minimum verlegt Frankenheim in die kürzere (Pol-) Diagonale, Seebeck in die längere Diagonale, Franz parallel der Polkante aufwärts, Grailich und Pekárek in die Poldiagonale aufwärts. Noch unsicherer sind dann die Angaben über das Verhalten der Endfläche, auf der Frankenheim gar keine Differenzen der Härte gefunden haben wollte, während Grailich und Pekárek erhebliche Unterschiede angeben.

Ich theile nun die Resultate meiner Untersuchungen hier mit, indem ich die Richtungen angebe, in welchen der Diamant über die Fläche geführt wurde und die berechnete Härte mit Zugrundelegung der Specksteinhärte als 1.

Kalkspath.

I) Rhomboëderfläche. Untersucht wurden 2 Spaltungsstücke von isländischem Kalkspathe und in der Richtung der Querdiagonale auch noch ein Spaltungsstück von einem grösseren Andreasberger. Erstere beiden stimmten in den verschiedenen Richtungen sehr gut in der Härte überein, der letztere zeigte sich ein klein wenig härter, eine Erscheinung, welche auch schon Grailich und Pekárek für verschiedene Krystalle beobachteten.

Abwärts bedeutet stets die Richtung vom Poleck nach der scharfen Randkante oder dem Randeck zu, aufwärts die entgegengesetzte:

			Härte
1)	Poldiagonale	abwärts . .	27,5
2)	„	aufwärts . .	0,65
3)	Querdiagonale		3,2
4)	Parallel der Kante . .	abwärts . .	34,3
5)	„ „ „ . .	aufwärts . .	1,3
6)	Mitte zwischen 1 und 4	abwärts . .	15,3
7)	„ „ „ „ „	aufwärts . .	0,8
8)	Mitte zwischen 3 und 4	abwärts . .	21,11
9)	„ „ „ „ „	aufwärts . .	2,3

Auffallender Weise erhielt ich wiederholt und constant an dem einen isländischen Kalkspath eine Differenz der Härte je nachdem ich in der Querdiagonale von rechts nach links, oder von links nach rechts den Krystall ritzte, obwohl dieselbe nach den Symmetrieverhältnissen eines Rhomboëders nicht erklärbar wäre. Ob das etwa in feinen eingewachsenen Zwillingslamellen seinen Grund gehabt haben mag, wage ich nicht zu entscheiden, doch wollte ich es nicht mit Stillschweigen übergehen. Es werden wohl erst ausgedehntere Untersuchungsreihen gesammelt werden müssen, ehe man darüber etwas aussagen kann, wie weit auch in der Härte Störungen und individuelle Schwankungen sich bemerklich machen.

II. Gerade Endfläche. Wie ich schon in meiner früheren Mittheilung erwähnte, hobelt sich dieselbe schlecht, namentlich in der Richtung von der Spitze des Dreieckes gegen die Grundlinie Immer springen hier die Rhomboëdereckchen, über deren Spitzen man ja hinfahren muss, aus, und es wird so das Resultat etwas unsicher und zwar nach der Seite hin, dass die Härte wohl etwas zu gering gefunden wird. Gut hobelt sich die Endfläche bei geringer Belastung in der Richtung von der Kante aus senkrecht nach der Spitze des gegenüberliegenden Winkels und parallel den Kanten,

dem Bruche mit einer feinen Säge das Stück ober und unter dem Siegellackring durchgesägt und vollends fein geschliffen. Es geht dieses auf diese Weise ganz gut, ohne Ausbröckeln, so dass man ganz schöne zur Untersuchung brauchbare Flächen erhält. In dieser Art habe ich nun die Härte auf den drei Flächen P, M und T untersucht und folgende Resultate gefunden:

I. Auf der Fläche P.

	Härte
1) parallel der kurzen Diagonale . . .	0,37
2) „ der langen „ . . .	0,66
3) „ der Richtung M	0,44
4) „ „ . T	1,15
5) „ der Mittellinie zwischen 2 und 3	0,46
6) „ „ „ „ 1 und 4	0,20

II. auf der Fläche parallel dem II. Bruche M.

	Härte
1) parallel der Kante M,P (a Fig. 3 Taf. II)	14,5
2) in entgegengesetzter Richtung (b Fig.) .	32,1
3) senkrecht zu der Kante M/P	14,6
4) unter 45° gegen Kante M/P (c Fig.) . .	21,9
5) „ „ „ „ „ (d Fig.) . .	9,6
6) in entgegengesetzter Richtung (e Fig.) .	11,2

III. auf der Fläche parallel dem III. Bruche T.

	Härte
1) parallel der Kante T:P (a Fig. Taf. II) .	6,3
2) in entgegengesetzter Richtung (b Fig. 4) .	5,3
3) senkrecht zu der Kante T:P	2,8
4) unter 45° gegen Kante T:P (c Fig. 4) .	3,6
5) „ „ „ „ „ (d Fig. 4) .	2,6
6) in entgegengesetzter Richtung (e Fig. 4)	4,2

Taf. II enthält die Härtekurven dieser 3 Flächen und zwar Fig. 1 die 3 Kurven in demselben Maassstabe (1 der

erfolgte dasselbe nach dem Rande der Kurve hin, von dem Punkte C; aus die Kurve für die Rhomboëderfläche ist punktirt.

Gyps.

Für den Gyps sind mir bis jetzt nur Beobachtungen der Härte auf der Fläche der vollkommensten Spaltbarkeit, P, bekannt, die aber zum Theil sehr unsicher in ihren Angaben sind, theils sich ebenfalls widersprechen. Franz giebt das Minimum in der kleinen Diagonale an, ein zweites 110° von ihm verschieden. Seebeck erhielt keine sicheren Resultate. Frankenheim erklärt die Richtung der Maxima und Minima für ungewiss, Exner glaubt 2 Minima, parallel den Kanten mit den beiden andern Bruchlinien (M und T) von ungleichem Werthe aus seinen Beobachtungen ableiten zu können, Angström findet das Härtemaximum 14° mit der fasrigen Theilbarkeit bildend, nach Exner liegt es in einer Richtung, die 20° mit dieser einschliesst, doch meint er auch, die Beschaffenheit der Gypskrystalle mache sie nicht sehr geeignet zu Härtebestimmungen, namentlich auf anderen Flächen, als der Fläche P, aber auch diese erschienen stets mehr oder weniger gewellt. Das hat nun allerdings für die meisten Gypskrystalle seine Richtigkeit. Dennoch findet man unter den wegen ihres regelmässig ebenen Blätterbruches schon lange von den Optikern benützten etwas weingelben Zwillingen vom Montmartre sehr gute Stücke, bei denen es möglich ist, zunächst vollkommen ebene und glatte P-Flächen herzustellen. Aber auch die beiden andern Bruchflächen konnte ich in folgender Weise sehr gut eben und glatt darstellen. An einem grösseren dickeren derartigen Zwillingsstücke wurde zunächst durch Loslösen eines kleinen Blättchens der betreffende Bruch (an dem einen Stücke M, an dem andern T) kenntlich gemacht. Dann wurde das ganze Stück ringsum mit einem dicken Wulste von Siegellack umgeben, der wie ein Reif das ganze Stück umschloss. Nun wurde parallel

dem Bruche mit einer feinen Säge das Stück ober und unter dem Siegellackring durchgesägt und vollends fein geschliffen. Es geht dieses auf diese Weise ganz gut, ohne Ausbröckeln, so dass man ganz schöne zur Untersuchung brauchbare Flächen erhält. In dieser Art habe ich nun die Härte auf den drei Flächen P, M und T untersucht und folgende Resultate gefunden:

I. Auf der Fläche P.

	Härte
1) parallel der kurzen Diagonale . . .	0,37
2) „ der langen „ . . .	0,66
3) „ der Richtung M	0,44
4) „ „ . T	1,15
5) „ der Mittellinie zwischen 2 und 3	0,46
6) „ „ „ „ 1 und 4	0,20

II. auf der Fläche parallel dem II. Bruche M.

	Härte
1) parallel der Kante M,P (a Fig. 3 Taf. II)	14,5
2) in entgegengesetzter Richtung (b Fig.) .	32,1
3) senkrecht zu der Kante M/P	14,6
4) unter 45° gegen Kante M/P (c Fig.) . .	21,9
5) „ „ „ „ „ (d Fig.) . .	9,6
6) in entgegengesetzter Richtung (e Fig.) .	11,2

III. auf der Fläche parallel dem III. Bruche T.

	Härte
1) parallel der Kante T:P (a Fig. Taf. II) .	6,3
2) in entgegengesetzter Richtung (b Fig. 4) .	5,3
3) senkrecht zu der Kante T:P	2,8
4) unter 45° gegen Kante T:P (c Fig. 4) .	3,6
5) „ „ „ „ „ (d Fig. 4) .	2,6
6) in entgegengesetzter Richtung (e Fig. 4)	4,2

Taf. II enthält die Härtekurven dieser 3 Flächen und zwar Fig. 1 die 3 Kurven in demselben Maassstabe (1 der

Härte wie auf Taf. I Fig. 1 für den Kalkspath zu 5 mm Länge genommen). Die Zahlen auf den Linien bedeuten hier ebenfalls die unter I, II, III in vorstehender Tabelle unter denselben Nummern aufgeführten Richtungen. Die Kurve für die Fläche T ist punktirt. Fig. 2 enthält in vergrössertem Maassstabe die Härtekurve der Fläche P. Ich bemerke zu denselben nur noch, dass sie lediglich nach Prüfungen der Härte in den angegebenen Richtungen, welche durch die eingezeichneten Linien kenntlich gemacht sind, construirt wurden, so dass, wenn man noch mehr Richtungen untersuchen würde, die Gestalt der Kurve vielleicht etwas anders werden könnte. Doch zeigt ein Blick auf die Figuren, dass wenigstens auf der Fläche P die Form kaum wesentliche Veränderungen erleiden möchte. Auf den Flächen P und M hobelt sich Gyps sehr gut und glatt, auf der Fläche T etwas weniger glatt, häufig mit etwas Geräusch, das einigermassen an das eines ungeschickt gehaltenen Schieferstiftes auf einer Schiefertafel erinnert. Die einzelnen Versuche auf P und M weichen in ihrem Resultate so wenig von einander ab, dass die Gewichtsdifferenz kaum 0,2 mgr vom Mittel abweicht, auf T steigt sie in einzelnen Richtungen auf $^1/_2$ mgr. Auch beim Gypse scheinen kleine individuelle Härteunterschiede vorzukommen, wenn man Krystalle verschiedener Lokalitäten mit einander vergleicht, doch habe ich an Gypsen von andern Orten als Paris nur wenige Versuche auf der Fläche P vorgenommen. Die obigen Zahlen sind ausnahmslos an Pariser Gypskrystallen gefunden. Vergleichen wir die Härteunterschiede der verschiedenen Flächen an Gyps und Kalkspath mit einander, so sehen wir, dass bei beiden die Verschiedenheit zwischen absolutem Maximum und Minimum einer Fläche sich ziemlich in denselben Grenzen hält, beim Gypse ist das Verhältniss zwischen beiden wie 0,2 : 32,1, also wie 1 : 161; beim Kalkspathe wie 0,5 : 61,1 oder wie 1 : 122. Auf ein und derselben Fläche ist sie dagegen beim Gypse viel geringer,

nämlich im Minimum auf Fläche T nicht ganz wie 1 : 3 (2,6 : 6,3), im Maximum auf P wie 1 : 5,7 (0,2 : 1,15), während sich beim Kalkspath auf der Säulenfläche ebenfalls als das Minimum der Differenz nahezu 1 : 3 findet, dagegen auf der Romboëderfläche dasselbe den Werth 1 : 43 (0,8 : 34,3) erreicht.

Sehen wir nun zu, was sich etwa aus den mitgetheilten Resultaten im Allgemeinen für die Theorie der Härte wohl ableiten lässt: treten wir also der Frage näher, von was hängt wohl die Härte ab, welchen Gesetzen folgt der Wechsel derselben an ein und demselben Krystalle?

Diese Frage ist ja schon öfter erörtert worden, und alle Härteuntersuchungen haben ja mit in erster Linie auf diese Frage Rücksicht zu nehmen.

Schon Frankenheim, dem wir die ersten Versuche, genauere Härtebestimmungen zu erhalten, verdanken, suchte eine Formel für die deutlich wahrnehmbar durch die Spaltungsrichtungen eines Krystalles beeinflusste Härte aufzustellen. Auch die später auf demselben Gebiete Arbeitenden, wie Franz, Schrauf in seinem Lehrbuche der physikalischen Mineralogie haben die Spaltbarkeit oder Schichtung der Krystalle als den wichtigsten Faktor für die Härteverschiedenheiten angenommen. Am stärksten und ausführlichsten ist dieses von Exner geschehen, dessen Ansicht wir hier kurz wiedergeben wollen, weil sie die letzte veröffentlichte und am ausführlichsten diese Frage behandelnde ist. Nach ihm ist die Härte eines Minerals abhängig von zwei verschiedenen Ursachen. Es muss nach ihm „zum ersten die ritzende Spitze den Widerstand überwinden, der ihr von Seite der kleinsten oberflächlichen Theilchen bei Verdrängung aus ihrer Lage entgegengesetzt wird und zum zweiten hat sie beim jedesmaligen Uebersprungen der Furchen, welche durch die zu den Spaltungsebenen parallelen Durchgänge auf der Fläche erzeugt werden, gleichfalls einen Widerstand zu überwinden."

Den ersten Theil hält Exner für einen innerhalb unserer Beobachtungsmethoden constanten für ein und dieselbe Fläche nach allen Richtungen, er glaubt, dass derselbe lediglich eine Folge der molekularen Konstitution des Krystalles ist. Er meint, man müsste demnach dennoch Verschiedenheiten der Härte in verschiedenen Richtungen, auch soweit sie von diesem Faktor allein abhänge, erwarten, dieselben seien aber wahrscheinlich so gering, dass sie unseren Hilfsmitteln der Beobachtung sich entziehen.

Der zweite ungleich wichtigere variable Theil der Härte hänge lediglich von den Spaltungsebenen ab. Als einfachste Annahme empfehle sich die, dass die Güte der Spaltbarkeit und damit die Härteverhältnisse bedingt sei durch die Zahl der auf der Längeneinheit sich findenden Spalten, also die Härte durch die Zahl der auf der Längeneinheit von der ritzenden Spitze zu überspringenden Furchen.

Bei schiefer Incidenz der Spaltungsebenen sei auch diese von Einfluss, indem sie die Härte gegenüber der senkrechten Incidenz erhöhe, wenn die ritzende Spitze sich von den stumpfen Spaltungswinkeln gegen die Spitzen zu bewegt, im entgegengesetzten Sinne erniedrige.

Werfen wir auch nur einen Blick auf die mitgetheilten Werthe für die Härte bei Kalkspath oder Gyps oder auch auf die Härtekurven, so sehen wir allerdings, dass die Spaltungsrichtungen von grossem Einflusse sind, aber doch nicht so sehr fast ausschliesslich die Härteerscheinungen bedinge. Was z. B. den Kalkspath betrifft, so liegt nach allen genaueren älteren Versuchen wie nach den meinigen das Härtemaximum in der Richtung vom Poleck nach dem Lateraleck. In dieser Richtung sind nur die mit jener Kante nahezu einen Winkel von 101° bildenden, der anderen Kante parallel laufenden Spaltungsfurchen, also das Minimum derselben zu überspringen. Nach Exner müsste man daher das Minimum der Härte parallel der Kante erwarten, das Maximum müsste

in die eine oder andere Diagonale fallen, weil hier offenbar das Maximum der Furchen, nämlich alle vorhandenen der beiden die Rhomboëderfläche schneidenden Spaltungsrichtungen von der ritzenden Spitze übersprungen werden, während in der Poldiagonale aufwärts wiederum nach Grailich und Pekárek sowie meinen Versuchen sich das Minimum der Härte findet. Aehnlich ist es beim Gyps, auf allen drei Spaltungsflächen ist das Maximum und das Minimum nicht in den Richtungen, in denen es liegen sollte, wenn der variable Theil der Härte lediglich von den Spaltungsebenen abhängen würde.[1])

Noch eine andere längst bekannte Thatsache zeigt, dass eben wesentlich andre Factoren noch mit in Betracht kommen, nehmlich die Thatsache des ungemein grossen Härteunterschiedes, welcher die gerade Endfläche am Kalkspath gegenüber der Säulenfläche erkennen lässt. Bekanntlich ist die Rhomboëderfläche fast gleich geneigt gegen Hauptachse und Nebenachse (45° 16) gegen erstere, es haben daher auch die gerade Endfläche und die I. Säulenfläche nahezu gleiche Neigungen gegen die Rhomboëderfläche. Die Folge davon ist die, dass auch die Incidenz der Spaltungsebenen auf beiden wenig verschieden ist. Demnach sollte man erwarten, dass auch der Härteunterschied kein sehr grosser wäre, und dennoch verhält sich das Maximum der Härte auf der geraden Endfläche zu dem auf der Säulenfläche wie 1 : 15.

Auch in anderer Weise noch erheben sich Bedenken gegen die Theorie von Exner, namentlich möchte der Unterschied eines constanten durch die Molekularconstitution bedingten und eines variabeln, von den Spaltungsebenen allein abhängigen Theiles der Härteerscheinungen schwer aufrecht zu erhalten sein.

---

1) Die ebenfalls längst bekannte Thatsache, dass grössere Härte und gute Spaltbarkeit eher in einem Gegensatze zu einander stehen, kann uns auch von einer Ueberschätzung des Einflusses der Spaltbarkeit auf die Härte abhalten.

Ich glaube, dass wir — wenigstens bei den jetzt geltenden Anschauungen über die Constitution der festen Körper, zunächst der Krystalle — besser thun, wenn wir die Härte lediglich als von der Molekularconstitution bedingt erklären, und zwar abhängig von 3 verschiedenen Factoren, nehmlich der Gestalt, der Stellung und Vertheilung der Moleküle, durch die ja jedenfalls auch die Spaltbarkeit der Mineralien bedingt ist.

Im Folgenden soll nun kurz erörtert werden, wie die vorliegenden Thatsachen der Härteverschiedenheiten auf diese 3 Factoren hinweisen, und welche Rolle dieselben dabei spielen.

Zunächst haben wir hier kurz vorauszuschicken, wie wir uns überhaupt die Constitution eines Krystalles, sowie auch die Beschaffenheit seiner Oberfläche nach den jetzt herrschenden Anschauungen über Krystallbildung zu denken haben. Bleiben wir zunächst bei unserem Kalkspathe, so zeigt uns einerseits die für unsere Wahrnehmung unbegrenzte Theilbarkeit, sowie die durch die optischen Untersuchungen sich überall ergebende homogene Beschaffenheit aller seiner Theile, dass wir denselben uns bestehend denken müssen aus regelmässig an einander gelagerten Molekülen von der Form des Kalkspathrhomboëders, welche ebenfalls regelmässige Zwischenräume zwischen sich frei lassen.

Halten wir die constante Form und Grösse der Moleküle fest, so wird es uns in einem Falle, wo uns die vollkommen gleiche Spaltbarkeit und das Krystallsystem wie beim Kalkspathe die Verhältnisse der Dimensionen eines Moleküls zu bestimmen erlaubt, stets leicht sein, die wahre Beschaffenheit einer vollkommen rein und ungestört ausgebildeten Krystallfläche anzugeben, wie dies ja schon von Hauy durchgeführt wurde. Wir müssen dann, da wir uns nicht halbe oder drittels Moleküle an der Oberfläche eines Krystalles gebildet vorstellen können, alle die Flächen, welche nicht den

Spaltungsflächen parallel gehen, als in Wirklichkeit nicht vollkommen eben, sondern mit vorspringenden Ecken der Moleküle und einspringenden Winkeln zwischen denselben versehen denken. Fig. 3 Taf. I zeigt dieses für einen Durchschnitt eines Kalkspathkrystalles, an dem R die Rhomboëderfläche, P die gerade Endfläche und S die I. Säule darstellt. Die sich kreuzenden Linien veranschaulichen die Form und Lage der Moleküle. So wie wir sie so klein annehmen, dass die Vertiefungen zwischen ihnen keine störenden Einflüsse auf das reflectirte Licht mehr haben können, also kleiner als die kleinste halbe Wellenlänge des Lichtes, können wir natürlich von dieser in der That vorhandenen Rauhigkeit der Flächen nichts bemerken. Selbstverständlich gilt dies auch für künstlich hergestellte Flächen an Krystallen, denn auch durch das feinste Schleifen oder Poliren werden wir nie Theile von Molekülen wegnehmen, sonst müsste es ja auf diese Weise möglich sein, ein Molekül auf mechanischen Wege zu zersetzen, d. h. ihm einzelne der dasselbe zusammensetzenden Atome zu entziehen. Auf allen solchen Flächen müssen wir immer bald mehr bald weniger mit ihren Spitzen in ein und derselben Ebene liegende Moleküle hervorragend annehmen, die sorgfältigste Politur kann nie mehr erreichen, als dass die Unterschiede zwischen den Vertiefungen und Erhöhungen, wie sie die Moleküle zwischen sich lassen müssen, möglichst gleichförmig, d. h. möglichst in der einen Ebene liegen, welche unsrem Auge als vollkommene Ebene im günstigsten Falle erscheint, ohne es aber je in Wirklichkeit zu sein.

Wir haben uns nun auch noch etwas näher mit den Vorgängen auf einer solchen Fläche zu beschäftigen, wenn wir dieselbe mit einer feinen Spitze oder Schneide, wie sie ein guter Diamantsplitter darbietet, ritzen. Unter allen Umständen kann eine Wirkung nur dadurch eintreten, dass die Spitze mit einer Kraft auf die Fläche gedrückt wird, welche

hinreicht, die Moleküle, welche sich ihr entgegenstellen, von ihren benachbarten loszulösen und zu verdrängen. Wenn wir nun eine solche Spitze stets mit derselben Kraft wie sie ja eine gleichbleibende und in gleicher Richtung wirkende Belastung erzeugt, über eine ebene Fläche hinführen, so wiederholt sich dieser Vorgang des Verdrängtwerdens und Losgerissenwerdens der Moleküle in jedem Augenblicke der Fortbewegung; der Widerstand, der dabei zu überwinden ist, giebt uns eben den Maassstab für die Härte.

Ebensowenig, als wir beim Schleifen, selbst mit dem feinsten Pulver, Theile der Moleküle wegnehmen können, vermögen wir dies durch Ritzen. Die dazu verwendeten Spitzen, mögen sie auch noch so fein sein, dringen sicher nie in die Moleküle selbst ein, sondern drängen sich nur zwischen sie und verdrängen sie von ihrer Stelle, aber ohne je sie selbst zu zerbrechen. Daraus geht nun ohne Weiteres hervor, dass die Härte der Körper nichts mit der Härte der Moleküle zu schaffen habe, dass wir von dieser letzteren gar nichts wissen, oder mit andern Worten, dass das, was wir Härte nennen, nichts andres ist, als ein Maass für die physikalische Anziehungskraft, welche die durch chemische Anziehungskraft aus Atomen gebildeten Moleküle auf einander ausüben. Ausser der Masse der Moleküle, dem Producte aus Volumen und Dichtigkeit, kommt dann selbstverständlich wesentlich für diese Anziehungskraft, deren Folge eben der Grad des Zusammenhaltens der Moleküle, d. h. die Härte ist, in Betracht die Entfernung der Molekülschwerpunkte von einander; und diese ist wieder bedingt, wie von der Gestalt so von der Vertheilung der Moleküle in dem festen Körper, wobei auch die zwischen ihnen vorhandenen Zwischenräume zu berücksichtigen sind.

Nun sind wir aber nicht im Stande im Voraus diese verschiedenen, die Härte bedingenden Factoren an irgend einer Substanz zu bestimmen, mit Ausnahme der schon vorhin

erwähnten wenigen Fälle, in denen uns die Spaltbarkeit die Gestalt des Moleküls zu erkennen giebt, wie bei rhomboëdrisch, würflig, octaëdrisch spaltbaren Mineralien. Aber auch in diesen Fällen ist uns nichts von der Grösse der Moleküle bekannt; ebensowenig aber können wir ihre Masse bestimmen, ja nicht einmal ihre Dichtigkeit, weil wir ja stets zwischen den Molekülen Zwischenräume haben, deren Grösse uns ebenfalls nicht bekannt ist, und ein einzelnes Molekül nicht der Untersuchung unterworfen werden kann.

Selbst in den Fällen, wo uns 3 sich schneidende aber an Güte nicht gleiche Spaltungsebenen und deren Winkel bekannt sind, ist uns die Gestalt des Moleküls unbestimmbar. Nehmen wir z. B. den Gyps, so können wir durch die beiden Brüche M und T ein Prisma von 67° in der spitzen Kante mit einer auf beiden senkrecht stehenden Fläche, durch den Bruch P erzeugt, herstellen, aber nicht einmal das Verhältniss der Länge, Breite und Höhe zu einander ist uns dadurch fest gegeben. Ob die Linie zwischen den beiden Flächen P die grösste oder kleinste Länge hat, ob der Querschnitt parallel P ein Rhombus oder ein Rhomboid sei, ist nicht zu ermitteln, weder aus den Winkeln, noch aus den Eigenschaften des monoklinen Krystallsystems im Allgemeinen.

Nun zeigt sich allerdings der Einfluss der Spaltbarkeit auf die Härte als ein sehr hervorragender, wenn auch nicht in dem Grade maassgebend, wie Exner es angenommen hat. Aber auch die Spaltbarkeit und ihr Einfluss auf die Härte ist einer verschiedenen Erklärung fähig.

Bekanntlich hat man ja von jeher verschiedene Grade der Spaltbarkeit unterschieden, höchst vollkommene (wie beim Glimmer), vollkommene, deutliche, unvollkommene u. s. f. Worin hat dieselbe ihren Grund? Woher kommt die grosse Verschiedenheit derselben?

Aus den Beobachtungen können wir zunächst weiter keinen Schluss ziehen, als den, dass die Kohäsion senkrecht

zu den Spaltungsflächen am geringsten ist, also je vollkommener die Spaltbarkeit desto geringer auch die Kohäsion. Da wir nun aber in allen Krystallen eine regelmässige Anordnung der Moleküle annehmen müssen, so dass die gleichen Achsen in allen gleich gerichtet sind, so sollten alle Krystalle spaltbar, wenn auch nicht immer mit ebenen Flächen, so doch mit regelmässig zackigen, sein, und von Manchen wird das ja auch als in der That nachweisbar behauptet, und nur eine sehr unvollkommene in den Fällen angenommen, wo sie nur sehr zweifelhaft zu beobachten ist. Wie dem auch sein mag, bei den deutlich spaltbaren ist jedenfalls ein sehr merklicher Unterschied zu erkennen. Offenbar kann nun derselbe in zweifacher Weise erklärt werden, nehmlich einmal durch die Annahme, dass in dem Falle der vollkommenen Spaltbarkeit m e h r solche regelmässige Zwischenräume zwischen den Molekülen auf die Längeneinheit kommen, oder dass die B r e i t e derselben im Verhältnisse zur Vollkommenheit der Spaltbarkeit stehe. In dem ersteren Falle würde die geringere Kohäsion, welche der vollkommeneren Spaltbarkeit entspricht, auf einer geringeren Masse der Moleküle beruhen, im letzteren auf einer Vergrösserung der Entfernung der anziehenden Moleküle von einander. Man kann ja in der That die Anziehungskraft auf die eine oder die andere Weise in gleichem Betrage verringern, und im Voraus lässt sich weder für noch gegen die eine oder die andre Anschauung mehr sagen. Erwägen wir aber die Folgen, welche nach diesen verschiedenen Anschauungen in Beziehung auf die Härteverschiedenheiten an einem Krystalle auf verschiedenen Flächen sich zeigen müssen, so werden wir sofort erkennen, dass wir eben durch die Beobachtungen der absoluten Härte auf verschiedenen Flächen eines und desselben Krystalles entscheiden können, welche von beiden mit den Beobachtungen besser in Uebereinstimmung stehe. Wir wollen zu diesem Behufe das Verhalten des Gypses etwas näher ins

Auge fassen. Ist die Anschauung richtig, dass die Güte der Spaltbarkeit abhängig ist von der Zahl der auf die Längeneinheit treffenden Spalten oder besser Zwischenräume zwischen den Molekülen, so muss uns dann auch bei 3 Blätterbrüchen wie beim Gyps, deren Winkel wir kennen, dadurch auch das Verhältniss der den Spaltungsrichtungen parallel laufenden Dimensionen des Moleküls gegeben sein, weil ja eben an den Enden der regelmässig gelagerten Molekülreihen die Zwischenräume, nach welchen sich die Spaltung richtet, sich finden. Nehmen wir z. B. an, die Güte der Spaltbarkeit am Gypse verhalte sich für die 3 Richtungen P, M, T wie 3 : 2 : 1 (auf die wirklichen genauen Bestimmungen kommt es bei unseren Erörterungen übrigens gar nicht an), so heisst das nach der in Rede stehenden Anschauung so viel als: auf die Längeneinheit kommen parallel P 3, parallel M 2 und parallel T je eine Spalte. Daraus construirt sich nun das Molekül des Gypses einfach als ein rhomboidisches Parallelipipedium (Fig. 5 Taf. II), die Fläche P ist ein Rhomboid, M und T 2 Rechtecke; geben wir T (senkrecht zu P) die Höhe 1, so ist seine Breite 2, M dann ebenfalls 1 hoch, aber die Breite dann 3, das Rhomboid P hat dann 2 parallele kürzere Seiten von 2, und 2 längere von 3 Länge. Bauen wir nun einen Krystall aus solchen Parallelipipeden auf, wie Fig. 5 es darstellt, wo zunächst nur 3 Moleküle der Länge, Breite und Höhe nach zusammengestellt gezeichnet sind, so sieht man ohne Weiteres, wie sich darnach die Härteverhältnisse gestalten müssen, wenn sie von der Zahl der Spalten, welche die ritzende Spitze bei gleicher Weglänge zu überspringen hat, abhinge. Offenbar müsste in diesem Falle T die härteste, P die weichste Fläche sein. Denn P ist ja durchzogen von den Spalten der Brüche M und T, welche auf die Längeneinheit 1 und 2 Spalten liefern, T dagegen ist durchzogen von den Spalten parallel M und P, von denen auf die Längeneinheit 2 und 3 kommen. Die Beobachtung

(s. S. 384) ergiebt nun aber ein ganz anderes Resultat, indem T, das die härteste Fläche sein sollte, bedeutend an Härte der Fläche M nachsteht, welche weicher als T sein sollte.

Nehmen wir dagegen an, dass nicht die verschiedene Zahl, sondern die Breite der Spalten oder Zwischenräume zwischen den Molekülen die bessere oder schlechtere Spaltbarkeit bedinge, so wird der Einfluss derselben auf die Härte in allen Fällen einfach zu erklären sein.

Für die Flächen des Gypses M und T z. B. können wir uns dann in folgender Weise die Lagerung der Moleküle veranschaulichen. Die Fläche M ist durchzogen von den zwei rechtwinklich sich kreuzenden Spaltungsrichtungen P und T. Die Fläche T dagegen von M und P. Nehmen wir an in dem Verhältnisse ihrer Güte sei die Breite der Zwischenräume grösser, also die Breite von P : M : T verhalte sich wie 3 : 2 : 1, so wird die Lage der Moleküle auf M die Fig. 6 A dargestellte sein, die auf T dagegen entspricht Fig. 6 B. Auf jener sind es die breitesten Zwischenräume P und die schmälsten T, welche ihre Moleküle sondern, auf dieser die breitesten P und die von mittlerer Breite M. Offenbar wird auf dieser Fläche B eine Spitze leichter die Moleküle verdrängen, als in A auf der Fläche M, und leichter und tiefer eindringen.

Die Breite der Spalten wird sich aber noch in ganz anderer Weise bemerkbar machen müssen, wenn wir auch noch die Form der Moleküle und die Richtung der Spalten, d. h. den Winkel, den sie mit den Flächen bilden, ins Auge fassen. Wir werden da sofort gewahr, wie wenig wir die Erscheinungen der Härteverschiedenheit erklären könnten, wenn wir nur die Zahl oder Breite der Spalten ins Auge fassen wollten. Es bedarf zu diesem Behufe auch nur der Betrachtung ein oder der andern Figur, in welcher die Lage der Moleküle im Verhältnisse zu den verschiedenen Krystallflächen dargestellt ist. Denken wir uns z. B. einen Durch-

schnitt durch einen Kalkspathkrystall wie ihn Taf. I Fig. 3 darstellt; bei P ist die gerade Endfläche, R die Rhomboëder-, S die Säulenfläche. Hier sieht man ohne Weiteres, dass nicht allein die Zahl der Spalten, sondern die Form und Lage der Moleküle die Härte wesentlich beeinflussen müsse. Wir sehen da ohne Weiteres ein, warum auf der Säulenfläche nach abwärts in der Richtung L U die Härte eine geringere sein muss, als in umgekehrter nach aufwärts. In ersterem Falle findet ja die Bewegung der Moleküle von x nach S hin beim Losreissen statt und ist die Seite bei z frei, während in umgekehrter Richtung die z parallele Seite bei x am benachbarten Molekül anliegt und gegen dasselbe hingedrängt wird. In ähnlicher Weise verhält es sich auf der geraden Endfläche. Auch hier zeigt uns ein Blick auf die Lage der Moleküle, welche grosse Verschiedenheit in der Härte, oder, wie wir ja auch sagen können, welcher verschiedene Widerstand beim Abbrechen der Moleküle an den verschiedenen Stellen eines Krystalles herrschen muss, wie auch ein Blick auf die Figg. 3 und 4 Taf. II die Verschiedenheit der Härte in den verschiedenen durch die Pfeile angedeuteten Richtungen am Gypse ohne Weiteres begreiflich macht. Ebenso bedarf es keiner weiteren Auseinandersetzung, von welchem Einflusse die Dimensionen der Moleküle nach verschiedenen Richtungen hin auf die Härte haben müssen. Bei rechtwinklig gestalteten Prismen, wird in den verschiedenen Richtungen kein Unterschied der Härte wahrnehmbar sein, ob man in derselben von rechts nach links oder von links nach rechts fährt, wie wir das auch überall bestätigt finden, dagegen werden hier ungleiche Dimensionen und Verschiedenheiten in der Breite der Spalten von Einfluss sein. Denken wir uns z. B. ein Mauerwerk von Würfeln, oder von Backsteinen und die letzteren verschieden gestellt, einmal auf die breite Fläche, dann auf die lange schmale Seite oder auf die kürzeste und schmälste, so werden diese ver-

schiedenen Fälle ganz verschiedenen Kraftaufwand beim Abbrechen einer so construirten Mauer erfordern. Finden wir aber eine Verschiedenheit in ein und derselben Linie, je nachdem wir das ritzende Instrument in der einen oder der ihr entgegengesetzten Richtung bewegen, so können wir immer auf eine Abweichung von der rechtwinkligen Lage der Fläche gegen die Spalten schliessen.

Wie verhält es sich nun mit den Mineralien, welche nicht spaltbar sind? Wir haben schon oben erwähnt, dass von Manchen behauptet wird, die Krystalle seien ohne Ausnahme spaltbar, nur zuweilen in so geringem Grade, dass wir sie nicht nachweisen könnten. Halten wir an der Annahme fest, dass alle Krystalle aus Molekülen aufgebaut seien, welche sich in regelmässiger, symmetrischer Lage zu einander befinden, so dass die gleichen Richtungen bei allen auch in paralleler Lage sich befänden, so müssen wir allerdings die Möglichkeit einer Spaltbarkeit für alle annehmen. Dennoch können wir uns dann immer noch manche Verhältnisse denken, welche sie sehr wenig wahrnehmbar machen können. Selbst bei paralleler Lage aller Krystallachsen können wir uns ja immerhin noch wie eine verschiedene Entfernung der einzelnen Moleküle, so auch eine verschiedene Anhäufung denken. Z. B. für octaëdrische Moleküle können wir uns dieselben so gestellt denken, dass sie sich nur mit den Ecken berühren, oder auch so, dass sie sich mit den Kanten berühren, aber die nächste Reihe wieder nur die Ecken der unteren berührt. Wir könnten sie auch noch so gruppiren, dass in der Mitte der Mittelkanten (Lateralkanten) wieder ein Octaëder stehe, dessen Mittelpunkt dann natürlich in die Linie fallen würde, welche die Spitzen zweier benachbarter Octaëder verbindet. Noch grössere Mannichfaltigkeit in der Gruppirung findet bei flächenreicheren durch die Spaltbarkeit nachweisbaren Molekülen statt. Bei einer rhombendodekaëdrischen Gestalt z. B. wie sie die Zinkblende in so ausgezeichneter Weise

genau wie 1 : 2 sich verhält; es ergiebt sich nämlich die Härte für diese 2 Richtungen 54 und 94. Bedeutend härter noch ist die gerade Endfläche, nehmlich 4mal härter als die Fläche h in der Richtung parallel c. Einen Unterschied der Härte auf dieser Fläche konnte ich jedoch noch nicht sicher nachweisen, weil es schwer ist, Flächen der Art in grösserer Ausdehnung ohne vielfache Zwillingslamellen zu erhalten. Ich bemerke dies deshalb, weil dadurch die Angabe, der Aragonit sei auch nach a : b : ∞ c (M) b : c : ∞ a (P) spaltbar, höchst zweifelhaft erscheint. Wären diese Angaben nehmlich richtig, so würde die Endfläche von einem dreifachen Blättersystem durchsetzt, von dem einen, parallel P, noch dazu in schiefer Incidenz. In diesem Falle würden wir nach allen bisher vorliegenden Versuchen beträchtliche Härteunterschiede auf dieser Fläche erwarten dürfen. Nach den vorhergehenden Erörterungen wird es wohl als ziemlich sicher feststehend anzusehen sein, dass zwar die Spaltrichtungen für die Härte von erheblichem Einflusse sind, dass aber als der eigentliche Grund der Härteverschiedenheiten die Verschiedenheiten der Masse, der Gestalt, der Entfernung und der Stellung der Moleküle anzusehen seien. Eben deswegen haben auch genaue Härteuntersuchungen ein theoretisches Interesse, indem sie uns mit ein Hilfsmittel an die Hand geben, die molekulare Konstitution der festen Körper kennen zu lernen, und im Vereine mit anderen physikalischen Untersuchungen uns dem Ziele näher bringen, den unsichtbaren Aufbau der Krystalle unserem geistigen Auge sichtbar zu machen.

Herr Zittel berichtet über eine von Herrn Dr. von Ammon ausgeführte Arbeit:

„Ueber fossile Medusen aus dem lithographischen Schiefer."

Dieselbe wird in den „Denkschriften" erscheinen.

Flächen bemerkbar machen müssen, sowie wir es nicht mit einem Körper des regulären Krystallsystems zu thun haben. Bei dem letzteren werden wir ja stets die Moleküle nach den 3 Hauptachsen von gleichen Dimensionen annehmen müssen, ebenso die Zwischenräume zwischen ihnen gleich, aber auch in diesem Falle wird sich auf verschiedenen Flächen um so mehr eine Ungleichheit in der Härte einstellen, je mehr das Molekül von der Kugelform abweicht, denn dächten wir uns einen Krystall aus lauter Hexakisoctaëdern aufgebaut, so würde derselbe viel weniger Unterschiede in den verschiedenen Richtungen einer ritzenden Spitze darbieten, als etwa ein aus Würfeln aufgebautes Octaëder, aus dessen Flächen die Würfelecken ja ganz in derselben Weise hervorragen, wie die Rhomboëderecken aus der geraden Endfläche.[1])

Bei allen übrigen Krystallsystemen müssen wir ja auch die Moleküle schon von verschiedenen Dimensionen annehmen und darnach muss sich auch je nach den Dimensionen dieser Moleküle eine Verschiedenheit auf den einzelnen Flächen zu erkennen geben. Unter den Mineralien, welche in etwas grösseren Krystallen vorkommen, wie sie zu Härteuntersuchungen nöthig sind, eignet sich kein anderes besser dazu, dieses zu prüfen, als der Aragonit. Derselbe hat zwar angeblich nach der Fläche $h = b : \infty a : \infty c$ blättrigen Bruch, aber Quenstedt bemerkt mit vollem Recht dazu „man hat grosse Mühe sich nur von seinem Dasein zu überzeugen, geschweige, dass er sich darstellen liesse.“ Untersucht man nun diese Fläche, die von keinen Spaltungsrichtungen durchzogen wird, so findet sich dennoch ein merklicher Unterschied in der Härte auf dieser Fläche, indem das Verhältniss der Härte parallel der Hauptachse c zu der parallel a ziemlich

1) Am Bleiglanz zeigen sich in der That auch auf der Octaëderfläche parallel der Kombinationskante mit der Würfelfläche und in der darauf senkrechten Richtung von dieser Kante nach und zu ihr hin Hären, die sich verhalten wie 2 : 3 : 1,1.

genau wie 1 : 2 sich verhält; es ergiebt sich nämlich die Härte für diese 2 Richtungen 54 und 94. Bedeutend härter noch ist die gerade Endfläche, nehmlich 4mal härter als die Fläche h in der Richtung parallel c. Einen Unterschied der Härte auf dieser Fläche konnte ich jedoch noch nicht sicher nachweisen, weil es schwer ist, Flächen der Art in grösserer Ausdehnung ohne vielfache Zwillingslamellen zu erhalten. Ich bemerke dies deshalb, weil dadurch die Angabe, der Aragonit sei auch nach a : b : ∞ c (M) b : c : ∞ a (P) spaltbar, höchst zweifelhaft erscheint. Wären diese Angaben nehmlich richtig, so würde die Endfläche von einem dreifachen Blättersystem durchsetzt, von dem einen, parallel P, noch dazu in schiefer Incidenz. In diesem Falle würden wir nach allen bisher vorliegenden Versuchen beträchtliche Härteunterschiede auf dieser Fläche erwarten dürfen. Nach den vorhergehenden Erörterungen wird es wohl als ziemlich sicher feststehend anzusehen sein, dass zwar die Spaltrichtungen für die Härte von erheblichem Einflusse sind, dass aber als der eigentliche Grund der Härteverschiedenheiten die Verschiedenheiten der Masse, der Gestalt, der Entfernung und der Stellung der Moleküle anzusehen seien. Eben deswegen haben auch genaue Härteuntersuchungen ein theoretisches Interesse, indem sie uns mit ein Hilfsmittel an die Hand geben, die molekulare Konstitution der festen Körper kennen zu lernen, und im Vereine mit anderen physikalischen Untersuchungen uns dem Ziele näher bringen, den unsichtbaren Aufbau der Krystalle unserem geistigen Auge sichtbar zu machen.

Herr Zittel berichtet über eine von Herrn Dr. von Ammon ausgeführte Arbeit:

„Ueber fossile Medusen aus dem lithographischen Schiefer."

Dieselbe wird in den „Denkschriften" erscheinen.

Herr C. v. Voit hielt einen Vortrag:

„Ueber die Bedeutung des Asparagins als Nahrungsstoff."

Die Frage, ob ein aus Nahrungsstoffen und anderen Stoffen bestehendes Gemische eine Nahrung für den thierischen Organismus darstellt, kann auf zweierlei Weise entschieden werden. Für gewöhnlich sieht man zu, ob unter dem Einflusse des Gemisches der Organismus sich auf seinem stofflichen Bestande erhält oder ob er dabei Tag für Tag noch Eiweiss oder Fett oder anorganische Bestandtheile von sich abgibt. Für die meisten Fälle wird man diesen Weg als den besseren einschlagen, da man dadurch alsbald entscheidende Resultate erhält; es giebt aber Umstände, unter denen diese Versuchsanordnung nicht oder nur schwierig zum Ziele führt. Wenn nämlich täglich nur eine sehr geringe Menge von Substanz vom Körper zu Verlust geht, dann ist auf jene Weise ein Entscheid schwer möglich und man wird sich nach einem sichereren Verfahren umsehen müssen; ausserdem scheitert man dabei häufig daran, dass man für grössere Thiere, bei welchen allein man das Verhalten der Stoffe am Körper studieren kann, zu viel Material nöthig hat oder dass diese Thiere das Nahrungsgemische auf die Dauer nicht in genügender Menge verzehren wollen.

So ist es auch bei dem Asparagin, welches in manchen vegetabilischen Nahrungsmitteln z. B. den Kartoffeln in beträchtlicher Quantität enthalten ist. Weiske hat zuerst den

Nährwerth desselben bei Pflanzenfressern untersucht und angegeben, dass es wie der Leim Eiweiss zu ersparen im Stande sei, wornach es also als ein Nahrungsstoff betrachtet werden müsste.

Herr Dr. Mauthner hat schon vor einem Jahre in meinem Laboratorium an einem Hunde den Eiweissumsatz ohne und mit Zugabe von Asparagin geprüft, aber im letzteren Falle keine irgend beträchtliche Herabsetzung desselben gefunden.

Da jedoch möglicherweise die Wirkung für einen Tag nur eine geringe ist, dieselbe aber doch durch die öftere tägliche Wiederholung von Bedeutung werden kann, so mussten länger dauernde Versuchsreihen angestellt werden. Diess war aus den vorher angegebenen Gründen an grösseren Thieren nicht möglich; es mussten kleine Thiere gewählt werden, welche im Futter nicht wählerisch sind und das Vorgesetzte lange Zeit hindurch gerne verzehren.

Weisse Ratten sind zu solchen Versuchen ganz vorzüglich geeignet. Aus dem dauernden Gleichbleiben oder Fallen des Körpergewichtes, sowie aus dem früher oder später eintretenden Tode vermag man zu entscheiden, ob ein Futtergemische alle zur Erhaltung des Körpers nöthigen Nahrungsstoffe einschliesst oder ob an dem einen oder anderen derselben ein Mangel vorhanden ist.

Herr Dr. Georgios Politis hat es übernommen, die Versuche durchzuführen, über deren hauptsächlichste Ergebnisse ich hier kurz berichten will.

Es wurden 4 Futtergemische von folgender prozentischer Zusammensetzung gegeben:

	I.	II.	III.	IV.
Fett	36.6	30.92	29.3	25.4
Stärkemehl . .	36.6	30.92	29.3	25.4
Fleischextrakt .	26.8	22.68	21.4	18.5
Asparagin . .	—	15.46	—	13.4
Fleischmehl .	—	—	19.8	17.2

also in I. und II. stickstofffreie Substanz ohne und mit Asparagin, in III. und IV. stickstofffreie Substanz unter Zusatz von Eiweiss ohne und mit Asparagin. Das Fleischextrakt sollte die nöthigen Mineralbestandtheile zuführen; als Eiweissträger diente mit Wasser erschöpftes, getrocknetes Fleischmehl.

Wird den Ratten gar nichts gegeben, so erliegen sie nach 7—8 Tagen dem Hunger. Setzt man ihnen nur Fleischextrakt vor, so gehen sie, obwohl sie täglich nicht unbeträchtliche Mengen davon (etwa 4 g) verzehren, ebenfalls nach 8 Tagen unter einer Gewichtsabnahme von 24% zu Grunde. Man ersieht daraus abermals, dass sich im Fleischextrakt keine organischen Nahrungsstoffe in berücksichtigenswerther Menge befinden und der Zusatz desselben die Resultate der Versuche nicht beeinflusst.

Sehr wichtig ist es, dass die Ratten mit stickstofffreiem, aus Fett und Stärkemehl bestehendem Futter (Gemisch Nr. I) lange Zeit aushalten. Sie nehmen zwar dabei täglich an Eiweiss und am Körpergewicht ab, aber bei der Gegenwart der stickstofffreien Stoffe im Ueberschuss nur sehr wenig, so dass erst nach geraumer Zeit der Verlust an Eiweiss so gross wird, dass die Lebensvorgänge nicht mehr stattfinden können. Die Lebensdauer ist bei dieser Kost allerdings verschieden lang, je nach dem Körperzustande, namentlich dem Fettreichthume des Thieres, der Menge des verzehrten Futters etc.; sie beträgt 32—43—63 Tage, und die Gewichtsabnahme 46—54%. Giebt man einem durch das stickstofffreie Futter schon sehr herabgekommenen Thier, welches in 18 Tagen 26% seines Körpergewichtes eingebüsst hatte, die Mischung Nr. III mit Eiweiss, so erlangt es nach und nach (in 67 Tagen) sein ursprüngliches Körpergewicht wieder. Im letzteren Falle verzehrte das Thier nicht mehr von dem Gemische als im ersteren Falle, woraus hervorgeht, dass von dem stickstofffreien Futter nicht zu wenig aufgenommen wurde.

Fügt man zu dem stickstofffreien Futter Asparagin hinzu

(Gemisch Nr. II), so nehmen die Thiere bei gleichem Appetit ebenfalls allmählich an Gewicht ab und verenden nach 40 bis 41—50 Tagen, nachdem sie 43—49—50% ihres anfänglichen Gewichtes eingebüsst haben. Eine der Ratten zeigte dabei nach 18 Tagen eine Gewichtsabnahme von 28%, während, wie vorher angegeben wurde, eine ohne Asparaginzusatz gefütterte Ratte in der gleichen Zeit fast ebensoviel, nämlich 26% an Gewicht verlor. Die erstere Ratte konnte durch Fütterung mit der Mischung Nr. IV, von der sie offenbar zu wenig frass, nicht mehr in die Höhe gebracht werden.

Da es gelingt ein durch Verabreichung des stickstofffreien Gemisches (Nr. I) an Eiweiss abgemagertes Thier durch Zusatz von Eiweiss (im Gemische Nr. III) wieder völlig auf einen wohlgenährten Zustand zu bringen, so ist erwiesen, dass die Mischung Nr. III ohne Asparagin eine volle Nahrung für das Thier ist. Um dies mit aller Sicherheit darzuthun, wurde die Mischung Nr. III noch mehrmals verabreicht; es fand unter ihrem Einflusse in 55 Tagen ein Mal eine Gewichtszunahme von 14%, ein anderes Mal von 20% statt. Nur e i n e Ratte, welche von dem Gemische relativ zu wenig aufnahm, gieng nach 45 Tagen zu Grunde. Gab man den Thieren, welche mit der Mischung Nr. IV an Gewicht zugenommen hatten, die Mischung Nr. I oder II, so nahmen sie an Gewicht ab und verendeten in 40—43 Tagen.

Nach den angegebenen Versuchen ist kein wesentlicher Unterschied zwischen den Ergebnissen der Fütterung mit Fett und Kohlehydraten ohne und mit Zusatz von Asparagin aufzufinden. Würde das Asparagin eine in Betracht kommende eiweissersparende Wirkung bei den Ratten ausgeübt haben, dann hätten die mit der Mischung Nr. II gefütterten Thiere länger am Leben bleiben müssen, als die mit der Mischung Nr. I gefütterten.

Man könnte nur noch einwenden, dass die ziemlich bedeutende Gabe von Asparagin bei den Thieren Störungen z. B.

im Darmkanal hervorruft und sie desshalb trotz der Eiweissersparung nicht später zu Grunde gegangen sind, zudem, wie schon berichtet, eine mit der Mischung Nr. IV gefütterte Ratte, nach einer Lebensdauer von 61 Tagen und einer Gewichtsabnahme von 58%, verendete. Es wurde desshalb der Ratte, welche nach der Fütterung mit dem Gemische Nr. I durch das Gemisch Nr. III ihr ursprüngliches Körpergewicht wieder erreicht hatte, die Mischung Nr. IV vorgesetzt; dieselbe erhielt sich damit während 47 Tagen auf ihrem Gewichte, womit erwiesen ist, dass das Asparagin den Thieren keine Schädlichkeit bringt.

Herr Baeyer hielt einen Vortrag:

„Ueber die Constitution des Indigo's (in Ordnung V)."

Die Abhandlung wird in den Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft veröffentlicht werden.

Oeffentliche Sitzung

zur Vorfeier des Geburts- und Namensfestes Seiner Majestät des Königs Ludwig II.

am 25. Juli 1883.

Wahlen.

Die in der allgemeinen Sitzung vom 23. Juni vorgenommene Wahl neuer Mitglieder hatte die allerhöchste Bestätigung erhalten, und zwar:

A. Als ordentliches Mitglied:

Dr. Wilhelm von Bezold, Direktor der meteorologischen Zentralstation und ordentlicher Professor für mathematische und angewandte Physik an der k. technischen Hochschule dahier.

B. Als ausserordentliche Mitglieder:

Dr. Hugo Seeliger, ordentlicher Professor für Astronomie an der k. Universität München und Conservator der k. Sternwarte.

Dr. Nicolaus Rüdinger, II. ordentlicher Professor der Anatomie an der k. Universität München und II. Conservator der anatomischen Anstalt des Staates.

C. Als auswärtiges Mitglied:

Edmond Hébert, Professor der Geologie an der Sorbonne und Mitglied des Instituts von Frankreich in Paris.

D. Als correspondirende Mitglieder:

Charles Friedel, Professor an der Ecole des Mines und Mitglied des Instituts von Frankreich in Paris.

Dr. Victor Meyer, ordentlicher Professor der Chemie am Polytechnikum in Zürich.

Dr. Joseph von Gerlach, ordentlicher Professor für Anatomie an der k. Universität Erlangen.

Dr. Othniel Marsh, Professor der Paläontologie am Yale-College zu New-Haven, Präsident der amerikanischen Akademie der Wissenschaften.

Dr. Rudolf Heidenhain, ordentlicher Professor der Physiologie an der Universität Breslau.

Sitzung vom 3. November 1883.

Herr v. Jolly legt eine von dem correspondirenden Mitgliede, Herrn E. Lommel in Erlangen, eingesandte Abhandlung vor:

„Spectroskop mit phosphorescirendem Ocular; Beobachtungen über Phosphorescenz."

Um die Einwirkung der verschiedenen Strahlengattungen des Spectrums und insbesondere der ultrarothen Strahlen auf phosphorescirende Körper bequem und selbst an kleinen Mengen Substanz beobachten zu können, habe ich folgende Einrichtung getroffen. Das Ocularrohr eines gewöhnlichen Bunsen-Steinheil'schen Spectroskops ist an beiden Seiten in der Ebene, in welcher sich sonst das Fadenkreuz befindet, aufgeschlitzt. Durch die Schlitze wird ein rechteckiges Mikroskopdeckgläschen wie ein Schieber eingeschoben. Die untere Hälfte des Deckgläschens wird ganz dünn mit Balmain'scher Leuchtfarbe bestrichen. Andere Substanzen, die sich nicht wie eine Anstrichfarbe behandeln lassen, werden feingepulvert möglichst gleichmässig in dünner Schicht auf ein solches Deckgläschen gesiebt, dann wird ein zweites Deckgläschen von gleicher Länge aber nur halber Höhe auf die untere Hälfte des ersteren gelegt, so dass die dünne Pulverschicht zwischen den beiden Deckgläschen festgehalten wird. Diese werden an den Rändern mit einander verkittet, und

von der oberen unbedeckt gebliebenen Hälfte des so entstandenen Schiebers wird das überflüssige Pulver weggewischt. Selbstverständlich kann auch die Balmain'sche Leuchtfarbe in dieser Weise in Pulverform angewendet werden. Die Spaltfläche des Spectroskops wird mit einem Stanniolblatt bedeckt, in welches eine rechteckige Oeffnung von etwa 4^{mm} Höhe eingeschnitten ist, die so gestellt wird, dass die untere Hälfte des Spaltes ganz verschlossen, und nur von seiner Mitte an nach oben eine Strecke von 4^{mm} frei ist. Diesem freien Theile des Spaltes entsprechend wird in der unteren Hälfte des Gesichtsfeldes ein oben von dem horizontalen Durchmesser des letzteren begrenztes Spectrum entworfen. Obgleich dasselbe den phosphorescirenden Schieber auf seiner von dem Auge abgewendeten Vorderseite trifft, so wirkt es doch durch die ganze dünne Schicht der phosphorescirenden Substanz hindurch, und man sieht, nachdem die einfallenden Strahlen abgehalten sind, die bewirkte Erscheinung auf der dem Auge zugewendeten Rückseite des Schiebers ebensogut, als wenn man die Vorderseite betrachten würde. Gleichzeitig wird die Skala, wenn man dieselbe beleuchtet, längs dem horizontalen Durchmesser des Gesichtsfeldes durch die obere unbedeckt gebliebene Hälfte des Deckgläschens gesehen, und erlaubt, die Einzelheiten der Erscheinung messend zu verfolgen.

Bekanntlich wird das Phosphorescenzlicht, nachdem es durch die brechbareren Strahlen erregt worden ist, durch die weniger brechbaren und namentlich durch die ultrarothen Strahlen zunächst zu hellerem Aufleuchten angefacht und sodann ausgelöscht. Es entsteht daher auf dem schwach phosphorescirenden Grunde des Auffangschirmes zuerst ein helles (positives) und später ein dunkles (negatives) Bild jener Theile des Spectrums, welche diese anfachende und zugleich auslöschende Wirkung ausüben.

Wir wollen uns mit diesem dunklen Spectralbilde zunächst beschäftigen.

Wird der mit Balmain'scher Leuchtfarbe bestrichene (oder bestreute) Schieber, nachdem er zuvor mit Tageslicht beleuchtet worden und dadurch ziemlich stark phosphorescirend gemacht ist, in das Spectroskop eingeschoben, und der offene Theil des Spaltes mit Sonnenlicht, welches man, um eine stärkere Wirkung zu erzielen, noch mittels einer Linse concentriren kann, einige Minuten lang beleuchtet, so sieht man, nachdem das einfallende Licht abgeschlossen worden, zunächst den von den violetten Strahlen getroffenen Theil des Gesichtsfeldes heller leuchten als den schwächer phosphorescirenden Grund; von dem übrigen Spectrum aber entwickelt sich ein dunkles Bild auf hellem Grunde. Dieses dunkle Spectralbild ist ausgezeichnet durch zwei dunklere Streifen im ultrarothen Gebiet; der erste weniger brechbare Streifen, welcher, wenn die Skala mit dem Theilstrich 100 auf die D-Linie eingestellt ist,[1]) von 51 bis 57 reicht, erscheint tiefschwarz, der zweite, von 63 bis 72 sich erstreckend, ist weniger dunkel. Vor dem ersten Streifen nach der Seite geringerer Brechbarkeit ist die Verdunkelung nur noch sehr schwach und erstreckt sich nicht mehr weit; die übrigen Theile des dunklen Spectralbildes heben sich aber kräftig ab von dem helleren Grund, selbst der hellere Zwischenraum zwischen den beiden dunklen Streifen; hinter dem zweiten Streifen ist es wieder etwas heller, jedoch nicht so hell wie in jenem Zwischenraum; dann nimmt die Dunkelheit zu, erreicht eine ziemlich tiefe Schwärze in der von den gelben und grünen Strahlen getroffenen Region und verliert sich dann allmählig in einen neutral gebliebenen Zwischenraum, welcher das heller leuchtende von den violetten Strahlen erregte Gebiet von dem ausgelöschten Theile des Spectrums scheidet. Dieser hellere Theil reicht etwa von 170 bis 220,

1) Den Fraunhofer'schen Linien entsprechen alsdann folgende Zahlen: A 67, B 78, C 84, D 100, E 121, F 140, G 178, H 212.

erstreckt sich also nur wenig über das violette Ende des Spectrums hinaus. Lücken, den Fraunhofer'schen Linien entsprechend, sind nicht wahrzunehmen. Die ganze Erscheinung dauert, einmal entwickelt, stundenlang an, und kann daher mit aller Musse beobachtet werden.

Die beiden dunklen Bänder verrathen keineswegs, wie man vielleicht zunächst vermuthen könnte, eine Eigenthümlichkeit der Sonnenstrahlen, wie etwa eine Erhöhung der Wärmestrahlung an diesen Stellen des Ultraroth. Sie sind vielmehr der phosphorescirenden Substanz selbst eigenthümlich, welche an diesen Stellen eine erhöhte Empfänglichkeit oder Absorptionsfähigkeit für die auslöschenden Strahlen besitzt; sie sind nichts anderes als für die Substanz charakteristische Absorptionsstreifen. Denn einerseits zeigen sich die dunklen Streifen in ganz gleicher Weise auch bei Anwendung von elektrischem Kohlenlicht, gleichviel, ob das Prisma aus Flintglas, Schwefelkohlenstoff oder Steinsalz besteht. Und andrerseits erscheinen sie nicht bei andern phosphorescirenden Körpern. Bei einem gelbgrün leuchtenden Schwefelstrontium z. B. reichte das negative Bild des Spectrums von 30 bis 150, und erschien am dunkelsten zwischen 50 und 80, ohne dunklere Streifen zu zeigen.

Der erste Streifen stärkster auslöschender Wirkung sowie der auf ihn folgende Zwischenraum geringster Wirkung sind bereits von E. Becquerel[1]) beobachtet worden. Auch Abney[2]) hat den ersten dunklen Streifen wahrgenommen und abgebildet, und in jüngster Zeit hat H. Becquerel[3]) auch

---

1) E. Becquerel, La lumière, ses causes et ses effets. t. I. p. 144. 1867.

2) W. de W. Abney, Phil. Mag. (5) 13, p. 212.

3) H. Becquerel, Maxima et minima d'extinction de la phosphorescence sous l'influence des radiations infrarouges. C. R. 96. p. 1853. 1883.

erkannt, dass diese Erscheinung ungleicher Auslöschung von einer Substanz zur andern veränderlich ist.

Das beschriebene dunkle Bild des Spectrums auf der Balmain'schen Leuchtfarbe beginnt erst mehrere Sekunden nach Absperrung des einfallenden Lichtes sich zu entwickeln. Unmittelbar nach der Absperrung tritt das Bild, wie bereits erwähnt wurde, hell auf dunklem Grunde hervor, und zwar besonders deutlich, wenn die phosphorescirende Substanz vorher nur schwach erregt war, und sonach für die helle Erscheinung einen genügend dunklen Hintergrund darbietet. Die beiden Streifen erscheinen jetzt hell, und zwar der erste heller als der zweite, und genau an denselben Stellen wie die entsprechenden dunklen. Das Phosphorescenzlicht, mit welchem der weniger brechbare Theil des Spectrums jetzt leuchtet, zeigt einen mehr ins Grünliche ziehenden Farbenton, im Vergleich mit dem schön blauen Licht, welches durch die violetten Strahlen erregt wird. Auch klingt jenes sehr rasch ab, um der dunklen Erscheinung, die nach und nach immer deutlicher aus dem helleren Grunde hervortritt, Platz zu machen, während dieses blaue Licht lange Zeit fortleuchtet.

Man sieht diese hellen Streifen im Ultraroth schon während der Bestrahlung, namentlich, wenn man das einfallende Licht durch rothes Glas gehen lässt, wodurch das leuchtende Spectrum auf sein rothes Ende beschränkt und zugleich entsprechend gedämpft wird. Auf diese Weise sieht man gleichzeitig mit dem rothen Ende des Spectrums das Ultraroth, sichtbar gemacht durch grünlichblaues Phosphorescenzlicht. Noch besser als die Balmain'sche Leuchtfarbe eignet sich zu dieser Beobachtung das weiter unten zu erwähnende grünlichblaue Schwefelcalcium.

Die bisher besprochenen Erscheinungen lassen sich leicht auch in grösseren Dimensionen und für Viele gleichzeitig sichtbar darstellen. Auf einem mit Balmain'scher

Leuchtfarbe angestrichenen und vorher durch diffuses Licht phosphorescirend gemachten Schirm entwirft man mittels Spalt, Linse und Prisma (Flint oder Schwefelkohlenstoff) ein scharfes Sonnenspectrum, und lässt dasselbe einige Minuten lang einwirken. Bald nach Aufhören der Belichtung erscheint das negative Spectralbild mit seinen zwei dunklen Streifen. Nun verschiebt man den Schirm um die Breite des Spectrums vertical nach aufwärts, und lässt, nachdem man den Spalt mit rothem Glas bedeckt hat, das rothe Ende des Spectrums unmittelbar unter dem dunklen Spectralbild auf den Schirm fallen. Sofort treten unterhalb der dunklen Streifen und als Verlängerung derselben die hellen Streifen mit grünlichblauer Farbe hervor. Der erste hellere und weithin sichtbare steht frei in dem nur schwach leuchtenden ultrarothen Gebiete, der zweite schwächere legt sich in seiner zweiten Hälfte mit grünlichblauem Schimmer noch über den Anfang des Roth. Er ist von der dunklen Linie A durchzogen, welche sich auch als hellerer Streifen in das entsprechende dunkle Band des oberen Spectralbildes fortsetzt, wodurch dieses Band in zwei Partien getheilt erscheint.[1])

Obgleich, wie bereits erwähnt, das Licht dieser hellen Streifen nach Aufhören der Bestrahlung sehr rasch verblasst, so ist die Erscheinung während der Bestrahlung dennoch eine dauernde, weil die anfachende Thätigkeit, solange die der Substanz durch die vorausgegangene Belichtung mitgetheilte Energie noch nicht erschöpft ist, unausgesetzt fortwirkt. Man kann den Versuch eine Viertelstunde lang fortsetzen, ehe eine merkliche Abnahme der Helligkeit eintritt.

Hiemit ist eine Methode gewonnen, um einen Theil der ultrarothen Strahlen hell neben dem gleichzeitig gesehenen leuchtenden Spectrum durch

1) Im Spectroskop war dieses hellere Bild der Linie A innerhalb des zweiten dunklen Streifens nicht wahrzunehmen.

Phosphorescenz ebenso schön objectiv darzustellen, wie das ultraviolette Gebiet durch Fluorescenz. Ich benutze daher dieses Experiment als Vorlesungsversuch zum Nachweis des Vorhandenseins der ultrarothen Strahlen. Der Versuch gelingt mit elektrischem Licht ebensogut wie mit Sonnenlicht.

Unterbricht man die Wirkung des einfallenden rothen Lichts, so verschwinden die hellen Streifen rasch und die entsprechenden dunklen treten an ihre Stelle. Lässt man alsdann das Spectrum abermals einwirken, so treten die Streifen sofort wieder hell aus dunklerem Grunde hervor. Man kann dieses abwechselnde Hell- und Dunkelwerden der Streifen fünf- bis sechsmal hintereinander wiederholen, ohne dass die Intensität der Erscheinung merklich abnimmt. Bei längerer Einwirkung jedoch wird die Lichtentwickelung an diesen Stellen allmählich schwächer, und verschwindet endlich ganz, um definitive Dunkelheit zurückzulassen.

Um die Wellenlängen für die Grenzen der charakteristischen Streifen zu ermitteln, wurden mittels eines Glasgitters die Gitterspectra auf dem phosphorescirenden Schirme objectiv entworfen, wobei das einfallende Licht durch rothes Glas ging, was nothwendig ist, da der ultrarothe Theil des ersten Gitterspectrums sich in das zweite Gitterspectrum hineinerstreckt. Nach einer Einwirkung von einigen Minuten und Absperrung des einfallenden Lichtes sind die dunklen Bilder der Spectra erster Ordnung zu beiden Seiten des ebenfalls dunkel sich abzeichnenden mittleren Spaltbildes deutlich zu erkennen, so dass die Abstände der beiderseits zusammengehörigen Grenzen der dunklen Streifen auf dem Schirme gemessen werden können. Zuletzt wurde das rothe Glas weggenommen, und die Entfernung der D-Linien in den ersten Spectren rechts und links ebenso gemessen. Es wurden folgende Zahlen erhalten:

Erster Streifen,	äussere Grenze:	116^{mm};
	innere Grenze:	106;
Zweiter Streifen,	äussere Grenze:	99;
	D-Linie:	72,5.

Die innere Grenze des zweiten Streifens erschien nicht deutlich genug, um eine Messung zuzulassen.

Nimmt man die Wellenlänge der D-Linie zu 0,589 Mikron an, so ergibt die Rechnung, dass der erste Streifen zwischen den Wellenlängen 0,942 und 0,861, der zweite zwischen den Wellenlängen 0,804 und 0,715 enthalten ist, wo die letztere Zahl aus den obigen spectroskopischen Beobachtungen durch Interpolation abgeleitet wurde.

Mittels des phosphorescirenden Oculars wurde ferner untersucht ein grünlichblau phosphorescirendes Schwefelcalcium (bezogen von Herrn Dr. Schuchardt in Görlitz). Dieses Präparat zeigte hinsichtlich der Dauer und des Verlaufes des Anfachungs- und Verlöschungsprocesses ein auffallend anderes Verhalten wie das Balmain'sche Schwefelcalcium. Unmittelbar nach der Einwirkung des Spectrums auf die vorher nur schwach belichtete Substanz sieht man ein helles Bild des Spectrums, welches dem auch bei Balmains Leuchtfarbe beobachteten positiven Bilde in seinem Aussehen gleicht, jedoch heller ist und viel länger dauert. Auch hier erstreckt sich das helle Spectralbild vom Ultraroth bis ins Gebiet des Blaugrün, und beginnt mit demselben hellen Streifen zwischen 51 und 57. Auch der zweite weniger helle Streifen (63 bis 72) lässt sich erkennen, erscheint jedoch von dem folgenden über das Gebiet der rothen, gelben und grünen Strahlen sich erstreckenden Lichtschimmer nur durch ein sehr wenig markirtes Minimum geschieden. Noch deutlicher als bei der Balmain'schen Substanz lässt sich bemerken, dass dieser Lichtschimmer im Vergleich mit dem durch die violetten Strahlen direct erregten Licht mehr ins Grünliche spielt. Erst nach 10 bis 20 Sekunden zeigt sich Verdunkelung und zwar

zunächst zu beiden Seiten des ersten hellen Streifens, der nun zwischen zwei dunklen Streifen stehend noch länger fortleuchtet; auch der Lichtschimmer des übrigen Spectrums verklingt allmählich, und zuletzt, nach mehr als einer Minute, verschwindet auch der helle Streifen. Jetzt erscheint das Spectralbild dunkel auf dem schwach phosphorescirenden helleren Grunde, von 35 an bis etwa 130, und sehr dunkel von 45 bis 90. Dunklere Streifen sind in diesem Stadium nicht zu erkennen, sondern nur eine gleichmässige nach beiden Enden hin allmählich abgestufte Dunkelheit. Erst nach längerem Warten gewahrt man an der Stelle, welche vorher der helle Streifen eingenommen hatte, doch eine noch tiefere Schwärzung. Belichtet man nun, nachdem das Spectralbild dunkel geworden, von neuem, so erscheint sofort wieder das helle Bild. Dieser Wechsel zwischen hellen und dunklen Bildern kann fünf- bis sechsmal wiederholt werden.

Ueberhaupt besitzt diese Substanz sogar dann, wenn sie jede sichtbare Spur von Phosphorescenz verloren hat und dem im Dunkeln ausgeruhten Auge völlig schwarz erscheint, noch immer die Fähigkeit, durch die weniger brechbaren Strahlen des Spectrums wieder zum Leuchten angefacht zu werden. Es erscheint alsdann im Spectroskop das helle Spectralbild auf völlig schwarzem Grunde. Auch der Balmain'sche Phosphor hat diese Fähigkeit, jedoch in weit geringerem Grade. Auf einem mit jener Substanz präparirten Glasblättchen, welches 4 mal 24 Stunden im Dunkeln gelegen hatte, entwickelte sich das helle Spectralbild sehr schön, während das Balmain'sche Schwefelcalcium nach zweitägigem Verweilen im Dunkeln nur noch sehr schwach und vorübergehend, nach drei Tagen aber gar nicht mehr reagirte. Das Hervortreten des hellen Spectralbildes auf der völlig dunklen Substanz bringt den Eindruck hervor, als ob die ultrarothen Strahlen nicht blos durch Erwärmung stimulirend, sondern selbständig erregend wirken könnten. Man überzeugt sich

aber, dass die erloschene Substanz auch durch Erwärmen wieder zum Leuchten gebracht wird, wobei mir allerdings schien, dass das durch Erwärmung entlockte Licht einen mehr blauen Farbenton zeige als das durch die ultrarothen Strahlen hervorgerufene grünlichblaue Licht. Jedenfalls geht aus diesen Versuchen hervor, dass ein sehr geringes für das Auge nicht wahrnehmbares Residuum von Phosphorescenz ausreicht, um durch die ultrarothen Strahlen wieder zu hellem Aufleuchten angefacht zu werden.

Da das Licht, welches das grünlichblaue Schwefelcalcium unter der Einwirkung der ultrarothen Strahlen aussendet, heller ist als bei der Balmain'schen Leuchtfarbe, so eignet sich jene Substanz noch besser als diese zu der oben beschriebenen objectiven Darstellung der ultrarothen Strahlen. Man kann sich hiezu einen Schirm herstellen, indem man das Pulver zwischen zwei Spiegelglasplatten bringt und diese am Rande zusammenkittet.

Ein aus derselben bereits angeführten Quelle stammendes hellblau phosphorescirendes Schwefelcalcium zeigte unmittelbar nach der Belichtung das nämliche helle Spectralbild wie die vorigen Substanzen, nur mit noch kürzerer Dauer als der Balmain'sche Phosphor. Nach einem Augenblick schon war das helle Bild verschwunden und an seiner Stelle trat das dunkle Bild hervor, welches dieselben beiden dunklen Streifen wie die Balmain'sche Substanz, nur mit noch grösserer Schärfe und Nettigkeit aufwies. Der von den violetten Strahlen erregte dauernd helle Theil des Spectralbildes reicht von 165 (G 1/3 F) bis 220 (über H hinaus).

Ein viertes hell himmelblau phosphorescirendes Schwefelcalcium näherte sich in seinem Verhalten wieder mehr der grünlichblauen Substanz. Die helle Erscheinung dauerte ein wenig länger wie beim Balmain'schen Phosphor, jedoch bei weitem nicht so lang wie beim günlichblauen Schwefelcalcium. Dann entwickelt sich ein einförmig dunkles Bild,

welches von 30 bis 160 (F $^1/_2$ G) sich erstreckt, zwischen 40 und 140 (F) ganz schwarz erscheint, und selbst nach längerem Abwarten keine Spur eines dunklen Streifens erkennen lässt. Das Bereich der erregenden Strahlen geht auch hier von 165 (G $^1/_3$ F) bis 220.

Die vier untersuchten Sorten von Schwefelcalcium unterscheiden sich demnach, was ihr Verhalten zu den weniger brechbaren und insbesondere zu den ultrarothen Strahlen des Spectrums anlangt, von einander nicht qualitativ, sondern nur quantitativ durch die Dauer und den Verlauf der Anfachung und Auslöschung ihrer Phosphorescenz. Alle vier zeigen die nämlichen beiden Maxima der Anfachung, ein starkes im Ultraroth (51 bis 57) und ein schwächeres am Anfang des Roth (63 bis 72). Aber bei dem hellblauen Schwefelcalcium dauert die Erhellung nach dem Aufhören der Bestrahlung nur äusserst kurze Zeit, bei der Balmain'schen Leuchtfarbe ein wenig länger, bei der himmelblauen Substanz noch etwas länger; bei dem grünlichblauen Schwefelcalcium dagegen ist sie von sehr langer Dauer und grosser Intensität. Bei der ersten Substanz entwickelt sich das dunkle Spectralbild sehr rasch und mit scharfer Ausprägung der beiden den Maximis der Anfachung entsprechenden dunklen Streifen, bei der zweiten etwas weniger rasch und scharf; bei der dritten und vierten Substanz entsteht langsam ein continuirliches schwarzes Spectrum.

Es erübrigte noch, die Zusammensetzung des Phosphorescenzlichtes, durch welche die Unterschiede im Farbenton der verschiedenen Substanzen bedingt sind, zu untersuchen. Die Wahrnehmung, dass phosphorescirende Körper unmittelbar nach der Belichtung häufig einen andern Farbenton zeigen, als einige Zeit nachher (das oben als „himmelblau" bezeichnete Schwefelcalcium z. B. erscheint einen Augenblick nach der Belichtung entschieden grünlichblau und wird dann erst himmelblau), liess es mir wünschenswerth erscheinen,

das Spectrum des Phosphorescenzlichtes nicht nur nach der Bestrahlung, sondern schon während der Bestrahlung zu beobachten. Dies geschah auf folgende Weise.

Das erregende (Sonnen- oder elektrische) Licht ging durch zwei blaue und zwei violette Gläser und eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak, und wurde durch eine Linse auf der zu untersuchenden Substanz concentrirt. Der Trog mit der Kupferlösung war hinter der Linse aufgestellt, um das von dieser ausstrahlende Fluorescenzlicht abzuhalten. Das phosphorescirende Pulver befand sich in einem aus einem Glimmerblatt gebogenen kleinen cylindrischen Becher, auf dessen Wand die Linse einen Lichtfleck erzeugte. Der leere Glimmerbecher, von dem durch jene Medien durchgelassenen violetten Lichte beleuchtet, zeigte weder Fluorescenz noch Phosphorescenz.

Das Spectrum dieses violetten Lichtes beginnt schwach bei 160 (F $^1/_2$ G), wird stärker bei 170 (F $^3/_4$ G), sehr stark aber erst bei 180 hinter G; es enthält also hauptsächlich diejenigen Strahlen, welche Phosphorescenz zu erregen fähig sind.

Da das Spectrum des Phosphorescenzlichtes höchstens bis 180 reicht, so wird in einem Spectroskop, dessen Spalt auf den Lichtfleck gerichtet ist, der weitaus grössere Theil dieses Spectrums abseits von demjenigen des erregenden Lichtes, welches theils durch Diffusion an dem Pulver, theils durch Reflexion an dem Glimmerblättchen in den Spalt gelangt, gesehen und kann somit während der Bestrahlung beobachtet werden. Nur das brechbarste Ende des Phosphorescenzspectrums kann theilweise über den lichtschwachen Anfang des Spectrums des erregenden Lichtes hinübergreifen; es erscheint aber auch hier mit diesem nicht vermischt, sondern ist deutlich für sich erkennbar; denn es legt sich wie ein zarter Nebel über die Fraunhofer'schen Linien und die vom Glimmerblättchen herrührenden Interferenzstreifen, durch welche das erregende Licht gekennzeichnet ist.

Diese Beobachtungsmethode ergab vor allem die folgenden allgemeinen Resultate:

Das Phosphorescenzlicht ist während der Bestrahlung beträchtlich lichtstärker als nach der Bestrahlung.

Das Phosphorescenzlicht während der Bestrahlung ist anders zusammengesetzt als nach der Bestrahlung.

Im besondern ergab sich, dass bei der Balmain'schen Leuchtfarbe das Spectrum des Phosphorrescenzlichtes während der Beleuchtung von 88 bis 180 (etwa von C bis G) reicht, und von 100 bis 170 (D bis F $^3/_4$ G) sehr hell ist. Ein erstes Maximum der Lichtstärke befindet sich im Grün bei 125 (b), ein zweites im Blau bei 160 (F $^1/_2$ G), und zwischen beiden bei 135 (E $^3/_4$ F) ein sehr schwaches kaum wahrnehmbares Minimum. Nach Abhaltung des erregenden Lichts sinkt der weniger brechbare erste Theil des Spectrums (von 88 bis 135), welcher während der Beleuchtung ein wenig lichtstärker erscheint als der zweite, sofort zu sehr geringer Lichtstärke herab und verschwindet rasch, nachdem er nur noch kurze Zeit zwischen 100 und 130 als schwacher Lichtschimmer zu sehen war. Der zweite brechbarere Theil dagegen, ebenfalls viel lichtschwächer als während der Bestrahlung, bleibt zwischen 140 und 170 (F und F $^3/_4$ G) mit seinem Maximum bei 160 noch lange Zeit mit langsam abnehmender Lichtstärke sichtbar. Das Phosphorescenzlicht der Balmain'schen Leuchtfarbe ist demnach während und nach der Bestrahlung verschieden zusammengesetzt: während der Betrahlung enthält es neben Blau sehr viel grünes Licht, kurze Zeit nach der Bestrahlung keines mehr.

Aehnlich wie der Balmain'sche Phosphor verhält sich das hellblaue Schwefelcalcium, nur dass der erste Theil des Phosphorescenzspectrums schon während der Beleuchtung

weniger lichtstark erscheint, und nach Absperrung des erregenden Lichtes von noch kürzerer Dauer ist wie bei jenem.

Bei der grünlichblauen Substanz reicht das Spectrum des Phosphorescenzlichtes während der Bestrahlung von 85 bis 180 (C bis G) mit nur einem Maximum im Grün bei 125 (b), und bleibt nach Abschluss des einfallenden Lichtes sichtbar von 110 bis 160 (D $^1/_2$ E bis F $^1/_2$ G) mit demselben Maximum bei 125.

Das Phosphorescenzspectrum des himmelblauen Schwefelcalciums erstreckt sich während der Bestrahlung ebenfalls von 85 bis 180 (C bis G). Es ist durch zwei Minima, ein sehr stark ausgeprägtes bei 114 (D $^2/_3$ E) und ein sehr schwaches zwischen 140 und 150 (hinter F) in drei Theile getheilt. Das Maximum (I) des ersten Theils, welcher als ein von dem übrigen Spectrum scharf abgesetzter heller Streifen erscheint, der von 90 bis 110 (C $^1/_3$ D bis D $^1/_2$ E) sehr hell ist, liegt bei 101 (etwas hinter D); der zweite von 120 bis 138 (zwischen E und F) sehr helle Theil hat sein Maximum (II) bei 127 (b); das Maximum (III) des dritten Theils, welcher von 150 bis 170 (F $^1/_4$ G bis F $^3/_4$ G) sehr hell erscheint, liegt zwischen 150 und 160. Die Reihenfolge der Maxima hinsichtlich ihrer Helligkeit ist I, II, III. Nach Abschluss des erregenden Lichts sinkt der erste rothgelbe Streifen, welcher während der Bestrahlung am stärksten leuchtete, sofort zu sehr geringer Lichtstärke herab und verschwindet bald, während das übrige Spectrum von 120 bis 170 (E bis F $^3/_4$ G) noch lange fortleuchtet. Die Helligkeitsfolge der Maxima ist jetzt II, III, I, wobei II und III an Lichtstärke fast gleich erscheinen, während I viel schwächer und nur anfangs sichtbar ist. Die oben erwähnte Wahrnehmung der Farbenänderung des Phosphorescenzlichts dieser Substanz wird durch dieses bemerkenswerthe Verhalten ihres Phosphorescenzspectrums bestätigt und erklärt.

Vergleichen wir diese Resultate, so fällt auf, dass das

Maximum im Grün, welches bei allen vier Substanzen ungefähr an der nämlichen Stelle auftritt, bei den beiden ersten Substanzen (dem Balmain'schen und dem hellblauen Schwefelcalcium) nach Aufhören der Bestrahlung rasch verschwindet, bei den beiden letzten (dem grünlichblauen und dem himmelblauen Schwefelcalcium) aber andauert. Andrerseits haben wir oben gefunden, dass das von den ultrarothen Strahlen angefachte Phosphorescenzlicht bei jenen beiden Substanzen von sehr kurzer, bei diesen beiden dagegen von längerer und bei dem grünlichblauen Schwefelcalcium sogar von sehr langer Dauer ist. Ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Reihen von Thatsachen ist unverkennbar. Es scheint, dass die ultrarothen Strahlen die langsameren Schwingungen verhältnissmässig stärker anfachen als die schnelleren, was sich in dem mehr grünlichen Farbenton der von ihnen wieder aufgefrischten Phosphorescenz gegenüber der mehr bläulichen Nüance der ursprünglich erregten ausspricht. Ob dieses an langsameren Schwingungen verhältnissmässig reichere wiedergeweckte Phosphorescenzlicht von kürzerer oder längerer Dauer ist, würde davon abhängen, ob die betreffende Substanz langsamere Schwingungen nur vorübergehend oder dauernd auszuführen im Stande ist.

Weitere Ergebnisse der vorstehend beschriebenen Beobachtungsmethoden mögen späterer Mittheilung vorbehalten bleiben.

Herr A. Brill spricht über:

„Bestimmung der optischen Wellenfläche aus einem ebenen Centralschnitte derselben."

Die Methoden, deren man sich zur Bestimmung der Hauptfortpflanzungsgeschwindigkeiten in Krystallen und der Gestalt der Wellenfläche bedient, beschränken sich auf Beobachtungen in solchen Schnittebenen, die gegen die Hauptelasticitätsaxen des Krystalls eine ausgezeichnete Lage haben — nicht zum mindesten, wie es scheint, wegen der rechnerischen Schwierigkeiten, die mit der Verwerthung von Beobachtungen in anderen Ebenen verbunden sind. Diese Beschränkung zu beseitigen ist bei dem Interesse, das eine genaue Erforschung der Gestalt der Wellenfläche besitzt, um so wünschenswerther, als die experimentellen Methoden sich neuerdings beträchtlich vervollkommnet haben. Ich beabsichtige nun im Folgenden zu zeigen, dass, wenn man die Fresnel'sche Theorie der Doppelbrechung zu Grunde legt, es hinreicht, die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Wellen (oder auch der Strahlen) in einer beliebig angenommenen Schliffebene eines Krystalls zu messen — wozu sechs Beobachtungen ausreichen — um aus einer so bekannten ebenen Querschnittsfigur der Wellenfläche (beziehungsweise Strahlenfläche) die Hauptfortpflanzungsgeschwindigkeiten in dem Krystall sowie die Lage der Schliffebene gegen die Hauptelasticitätsaxen vollständig und mit geringer Mühe bestimmen zu können. Durch die An-

nahme also, dass es möglich ist, die Figur eines ebenen Centralschnitts einer Wellenfläche auf experimentellem Wege zu bestimmen [1]), wird die Frage, um die es sich handelt, zu einer rein geometrischen und den Hilfsmitteln der analytischen Geometrie zugänglich gemacht.

Ein ebener Centralschnitt der Kugel enthält als einziges Bestimmungsstück den Radius der Kugel; diese Fläche ist also durch einen ihrer Centralschnitte bestimmbar. Für jede andere Fläche mit Mittelpunkt dagegen muss die Zahl der Constanten, von welcher die Fläche abhängt, von der Zahl derjenigen der ebenen Curve, die von einer beliebigen durch den Mittelpunkt gelegten Ebene aus ihr ausgeschnitten wird, übertroffen werden, und zwar im Allgemeinen um drei, wenn die Fläche aus dem Centralschnitt gerade bestimmbar sein soll. Denn denkt man sich die ebene Schnittcurve auf ein beliebiges in ihrer Ebene gelegenes rechtwinkliges Coordinatensystem mit dem Mittelpunkt der Fläche als Ursprung bezogen, so erfordert die Orientirung dieses Systems gegen ein fest mit der Fläche verbundenes räumliches Coordinatensystem (mit demselben Ursprunge) drei Constante, welche ausser denen der Fläche noch in die Gleichung der Curve eingehen, und um welche also die letztere reicher sein muss als die der Fläche. Aus diesem Grunde ist die erwähnte Aufgabe bei den Mittelpunktsflächen zweiter Ordnung, wie auch bei ihren Fusspunktsflächen, unbestimmt, indem die ebene

1) Durch Beobachtungen an dem sinnreichen Apparat zur Bestimmung von Lichtgeschwindigkeiten in Krystallen, den Herr F. Kohlrausch (Wiedemann's Annalen 1878 Band IV, p. 15) „Totalreflectometer" genannt hat, kann man, wie eine einfache Ueberlegung lehrt, die oben verlangte ebene Querschnittsfigur der Wellen- oder Strahlenfläche — ausser in den Hauptschnitten — nicht unmittelbar bestimmen. (Vergl. W. Kohlrausch, ibd. Bd. VII. p. 430). Es bleibt zu untersuchen, ob das durch die Theorie des Totalreflectometers gestellte Problem einer ähnlich eleganten Behandlung fähig ist, wie das obige.

Schnittfigur nur drei Constante enthält, ebensoviele aber in die Gleichung der Fläche eingehen.

Dagegen ist das Problem wieder bestimmt für die aus dem Ellipsoid durch eine bekannte Punktconstruction entstehende Wellenfläche (wie auch für die aus den anderen Mittelpunktsflächen zweiter Ordnung auf ähnliche Weise ableitbaren Flächen vierter Ordnung). Für dieselbe lassen sich nämlich, wie unten gezeigt wird, aus den sechs Coefficienten der Gleichung eines ebenen Centralschnitts der Wellenfläche in einfacher Weise die Coefficienten dieser Gleichung für die drei Hauptfortpflanzungsgeschwindigkeiten (die Hauptaxen des Ellipsoids, aus dessen Centralschnittaxen Fresnel die Wellenfläche construirt) zusammensetzen. Diese Gleichung erweist sich jedoch nicht, wie es dem Falle der Eindeutigkeit des Problems entsprochen haben würde, als vom dritten, sondern als vom vierten Grade. Da sich vier Grössen auf vier verschiedene Arten zu dreien gruppiren lassen, so ist die Lösung eine vierdeutige; darunter befinden sich nur zwei reelle Flächen. Durch die Schnittcurve also einer Wellenfläche mit einer Ebene, die durch ihren Mittelpunkt geht, lässt sich immer und nur noch eine bestimmte reelle von der ersten im Allgemeinen verschiedene Wellenfläche legen, die sie gleichfalls als ebenen Schnitt enthält. Ausserdem gehen noch zwei imaginäre Wellenflächen hindurch. — Ein Beispiel zu diesem Satze bietet die Bemerkung, dass ein aus einem Kreis und einer concentrischen (denselben nicht schneidenden) Ellipse bestehende Schnittcurve ebensowohl als Hauptschnitt einer Fresnel'schen Wellenfläche, wie als schiefer Centralschnitt einer optisch einaxigen Wellenfläche aufgefasst werden kann, welche letztere bekanntlich durch Gleichsetzen zweier Hauptfortpflanzungsgeschwindigkeiten eines optisch zweiaxigen Krystalls aus der Fresnel'schen Wellenfläche entsteht, und

in eine Kugel und ein dieselbe in den Endpunkten eines Durchmessers berührendes Rotationsellipsoid zerfällt.

Der obige Satz gilt nicht nur von der eigentlichen Fresnel'schen Wellenfläche vierter Ordnung, deren Gleichung, auf die Symmetrieebenen (Hauptschnittebenen) als Coordinatenebenen bezogen, bekanntlich:

$$\frac{x^2a^2}{r^2-a^2}+\frac{y^2b^2}{r^2-b^2}+\frac{z^2c^2}{r^2-c^2}=0$$

ist, wo:

$$r^2=x^2+y^2+z^2$$

ist, und die Constanten a, b, c die drei Hauptfortpflanzungsgeschwindigkeiten bedeuten, sondern auch von der ebenfalls häufig als Wellenfläche bezeichneten Fusspunktfläche 6. Ordnung der Fresnel'schen, welche von den Endpunkten der von einem Punkte des Krystalls ausgehenden Fortpflanzungsgeschwindigkeiten gebildet wird, und deren Gleichung lautet:

$$\frac{x^2}{r^2-a^2}+\frac{y^2}{r^2-b^2}+\frac{z^2}{r^2-c^2}=0.$$

Ich werde im Folgenden an die Fresnel'sche Wellenfläche anknüpfen und am Schlusse die wesentlichen Ergebnisse auf ihre Fusspunktfläche übertragen.

Transformirt man die Gleichung:

$$\frac{x^2a^2}{r^2-a^2}+\frac{y^2b^2}{r^2-b^2}+\frac{z^2c^2}{r^2-c^2}=0 \qquad \ldots (1)$$

auf ein neues rechtwinkliges Coordinatensystem $x'\,y'\,z'$ mit demselben Ursprung, dessen Axe X' mit den Axen X, Y, Z des alten Systems Winkel bildet, deren Cosinus wir bez. mit α, β, γ bezeichnen wollen, sind $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$; $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2$ die Cosinus der Winkel, die in gleicher Weise den Axen Y', Z' zugehören, so lauten die Transformationsgleichungen;

$$\begin{aligned} x &= \alpha x' + \alpha_1 y' + \alpha_2 z' \\ y &= \beta x' + \beta_1 y' + \beta_2 z' \\ z &= \gamma x' + \gamma_1 y' + \gamma_2 z', \end{aligned}$$

wo zwischen den neun Grössen α_i, β_i, γ_i die bekannten Relationen bestehen:

$$\begin{aligned} \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 &= 1 \qquad \alpha_1\alpha_2 + \beta_1\beta_2 + \gamma_1\gamma_2 = 0 \\ \alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2 &= 1 \qquad \alpha_2\alpha + \beta_2\beta + \gamma_2\gamma = 0 \\ \alpha_2^2 + \beta_2^2 + \gamma_2^2 &= 1 \qquad \alpha\alpha_1 + \beta\beta_1 + \gamma\gamma_1 = 0. \end{aligned}$$

Wenn es sich nur um die Schnittcurve der Ebene $Y'Z'$ mit der Fläche handelt, so kann man der Vereinfachung halber gleich eingangs setzen:

$$x' = 0.$$

Dann wird zunächst:

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2 = y'^2 + z'^2 = r'^2,$$

und man erhält durch Einführung der neuen Coordinaten in die Gleichung der Fläche:

$$\frac{a^2(\alpha_1 y' + \alpha_2 z')^2}{r'^2 - a^2} + \frac{b^2(\beta_1 y' + \beta_2 z')^2}{r'^2 - b^2} + \frac{c^2(\gamma_1 y' + \gamma_2 z')^2}{r'^2 - c^2} = 0,$$

oder ausgeführt, unter Weglassung des Faktors r'^2:

$$\begin{aligned} &r'^2 \cdot y'^2 \cdot [\alpha_1^2 a^2 + \ldots] - y'^2 \cdot [\alpha_1^2 a^2 (b^2 + c^2) + \ldots] + \\ &+ r'^2 \cdot z'^2 \cdot [\alpha_2^2 a^2 + \ldots] - z'^2 \cdot [\alpha_2^2 a^2 (b^2 + c^2) + \ldots] + \\ &+ r'^2 \cdot 2y'z' \cdot [\alpha_1\alpha_2 a^2 + \ldots] - 2y'z' \cdot [\alpha_1\alpha_2 a^2 (b^2 + c^2) \\ &\qquad + \ldots] + a^2 b^2 c^2 = 0, \end{aligned} \tag{2}$$

wo in den eckigen Klammern die beiden Glieder, die durch cyclische Vertauschung von a mit b, c; α_1 mit β_1, γ_1; α_2 mit β_2, γ_2 aus den angeschriebenen entstehen, durch Punkte angedeutet sind.

Dies ist die Gleichung der ebenen Schnittcurve, die durch Einführung von Polarcoordinaten ϱ, φ mittelst der Formeln:

$$y' = \varrho \cos\varphi$$
$$z' = \varrho \sin\varphi$$
$$r' = \varrho$$

die Gestalt annimmt:

$$\varrho^4 (A_1 \cos^2\varphi + A_2 \sin^2\varphi + 2A \cos\varphi \sin\varphi) - \\ - \varrho^2 (B_1 \cos^2\varphi + B_2 \sin^2\varphi + 2B \cos\varphi \sin\varphi) + 1 = 0, \tag{3}$$

wo zur Abkürzung gesetzt ist:

$$\left.\begin{aligned}
A_1 &= \frac{1}{a^2 b^2 c^2} (a^2 \alpha_1^2 + b^2 \beta_1^2 + c^2 \gamma_1^2) \\
A_2 &= \frac{1}{a^2 b^2 c^2} (a^2 \alpha_2^2 + b^2 \beta_2^2 + c^2 \gamma_2^2) \\
A &= \frac{1}{a^2 b^2 c^2} (a^2 \alpha_1 \alpha_2 + b^2 \beta_1 \beta_2 + c^2 \gamma_1 \gamma_2) \\
B_1 &= \frac{1}{a^2 b^2 c^2} (a^2 (b^2 + c^2) \alpha_1^2 + b^2 (c^2 + a^2) \beta_1^2 \\
&\qquad + c^2 (a^2 + b^2) \gamma_1^2) \\
B_2 &= \frac{1}{a^2 b^2 c^2} (a^2 (b^2 + c^2) \alpha_2^2 + b^2 (c^2 + a^2) \beta_2^2 \\
&\qquad + c^2 (a^2 + b^2) \gamma_2^2) \\
B &= \frac{1}{a^2 b^2 c^2} (a^2 (b^2 + c^2) \alpha_1 \alpha_2 + b^2 (c^2 + a^2) \beta_1 \beta_2 \\
&\qquad + c^2 (a^2 + b^2) \gamma_1 \gamma_2).
\end{aligned}\right\} \tag{4}$$

Es handelt sich nun darum, das Gleichungssystem (4) nach den a, b, c und den α_i, β_i, γ_i aufzulösen. Aus den beiden in α_1^2, β_1^2, γ_1^2 linearen Gleichungen für A_1 und B_1 und der Bedingungsgleichung:

$$1 = \alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2$$

findet man leicht:

$$\alpha_1^2 = b^2c^2 \cdot \frac{A_1 a^4 - B_1 a^2 + 1}{(a^2 - b^2)(a^2 - c^2)}$$

$$\beta_1^2 = c^2a^2 \cdot \frac{A_1 b^4 - B_1 b^2 + 1}{(b^2 - a^2)(b^2 - c^2)} \qquad (5)$$

$$\gamma_1^2 = a^2b^2 \cdot \frac{A_1 c^4 - B_1 c^2 + 1}{(c^2 - a^2)(c^2 - b^2)}.$$

Man erhält ebenso aus den Gleichungen für A_2 und B_2:

$$\alpha_2^2 = b^2c^2 \cdot \frac{A_2 a^4 - B_2 a^2 + 1}{(a^2 - b^2)(a^2 - c^2)} \qquad (5_a)$$

und die analog gebildeten Ausdrücke für β_2^2 und γ_2^2.

Von den Ausdrücken für $\alpha_1\alpha_2, \beta_1\beta_2, \gamma_1\gamma_2$, für deren Berechnung noch die Gleichung:

$$\alpha_1\alpha_2 + \beta_1\beta_2 + \gamma_1\gamma_2 = 0$$

zur Verfügung steht, schreibe ich gleichfalls nur den ersten an:

$$\alpha_1\alpha_2 = b^2c^2 \cdot \frac{Aa^4 - Ba^2}{(a^2 - b^2)(a^2 - c^2)}.$$

Vergleicht man das Quadrat desselben mit dem Product der Ausdrücke für α_1^2 und α_2^2, so erhält man:

$$(A_1 a^4 - B_1 a^2 + 1)(A_2 a^4 - B_2 a^2 + 1) = (Aa^4 - Ba^2)^2.$$

Dies ist aber eine Gleichung vom vierten Grade für a^2, welcher zugleich die Grössen b^2 und c^2 genügen müssen, weil die Vergleichung der Ausdrücke für $\beta_1^2\beta_2^2$ u. s. w. genau dieselbe Gleichung für b^2 und c^2 ergeben würde.

Führt man daher statt a^2 die Bezeichnung u für die Unbekannte ein, so erhält man durch Ausrechnung:

$$\left.\begin{aligned} &u^4(A_1A_2 - A^2) - u^3(A_1B_2 + B_1A_2 - 2AB) + \\ &+ u^2(A_1 + A_2 + B_1B_2 - B^2) - u(B_1 + B_2) + 1 = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Nun lässt sich der Coefficient des vorletzten Gliedes vermöge der Beziehungen (4) auf die Form bringen:

$$B_1 + B_2 = \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2} + \frac{\alpha^2}{a^2} + \frac{\beta^2}{b^2} + \frac{\gamma^2}{c^2}.$$

Hieraus erhellt, dass wenn a^2, b^2, c^2 drei von den Wurzeln der Gleichung für u sind, die vierte Wurzel d^2 den Werth hat:

$$d^2 = \frac{1}{\frac{\alpha^2}{a^2} + \frac{\beta^2}{b^2} + \frac{\gamma^2}{c^2}}.$$

Man kann nun irgend drei Wurzeln der Gleichung vierten Grades als die Quadrate der Hauptfortpflanzungsgeschwindigkeiten: a^2, b^2, c^2 ansprechen. Dann ergeben sich die Neigungswinkel der Ebene $X' = o$ gegen die Hauptschnitte der durch diese Annahme bestimmten Wellenfläche vermöge der Ausdrücke für die α_i β_i γ_i und der Gleichungen:

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1, \text{ u. s. w.}$$

wie folgt:

$$\alpha^2 = \frac{a^4 b^2 c^2}{(a^2 - b^2)(a^2 - c^2)} \cdot \left\{ \frac{1}{b^2 c^2} + \frac{1}{d^2 a^2} - (A_1 + A_2) \right\}$$

$$\beta^2 = \frac{b^4 c^2 a^2}{(b^2 - a^2)(b^2 - c^2)} \cdot \left\{ \frac{1}{c^2 a^2} + \frac{1}{d^2 b^2} - (A_1 + A_2) \right\} \quad (7)$$

$$\gamma^2 = \frac{c^4 a^2 b^2}{(c^2 - a^2)(c^2 - b^2)} \cdot \left\{ \frac{1}{a^2 b^2} + \frac{1}{d^2 c^2} - (A_1 + A_2) \right\}$$

wo wie oben d^2 die vierte Wurzel der Gleichung (6) ist.

Die Gleichungen (3), (6), (7) enthalten die Lösung der gestellten Aufgabe. Sechs Beobachtungen nämlich in der gewählten Schliffebene des Krystalls reichen hin, um die Constanten A, B in der Gleichung der Curve (3), aus welchen sich die Coefficienten der Gleichung (6) zusammensetzen, zu bestimmen. Sind alsdann:

$$u_1 \geqq u_2 \geqq u_3 \geqq u_4$$

die vier Wurzeln der Gleichung (6), und bezeichnet man irgend drei derselben mit a^2, b^2, c^2, die vierte mit d^2, so entspricht dieser Annahme eine Wellenfläche mit den Hauptfortpflanzungsgeschwindigkeiten a, b, c, während die Grössen α, β, γ (7) zur Orientirung der Schnittebene gegen die Hauptschnitte dienen. Wenn noch:

$$a^2 \geq b^2 \geq c^2$$

vorausgesetzt wird, so entsprechen den vier möglichen Annahmen die vier Colonnen der Tabelle:

	I	II	III	IV
u_1	a^2	a^2	a^2	d^2
u_2	b^2	d^2	b^2	a^2
u_3	d^2	b^2	c^2	b^2
u_4	c^2	c^2	d^2	c^2

von denen die 2., 3., 4. aus der 1. durch Vertauschung von bezw. b mit d; c mit d; a mit d mit b mit a (cyclisch) hervorgeht. Gehört also das Formelsystum (7) etwa zur ersten Colonne, so erhält man die Orientirungswinkel der den drei anderen entprechenden Schnittebenen, deren Cosinusse mit $\alpha' \beta' \gamma'$, $\alpha'' \beta'' \gamma''$, $\alpha''' \beta''' \gamma'''$ bezeichnet werden mögen, durch Anwendung dieser Vertauschungen auf die Formeln (7). Vergleicht man die so erhaltenen Ausdrücke mit (7), so bekommt man:

$$\alpha'^2 = \gamma^2 \cdot \frac{a^2 d^2 (b^2 - c^2)}{b^2 c^2 (a^2 - d^2)}; \qquad \alpha''^2 = \beta^2 \cdot \frac{a^2 d^2 (c^2 - b^2)}{b^2 c^2 (a^2 - d^2)};$$

$$\beta'^2 = \beta^2 \cdot \frac{d^4 (b^2 - a^2)(b^2 - c^2)}{b^4 (d^2 - a^2)(d^2 - c^2)}; \quad \beta''^2 = \alpha^2 \cdot \frac{b^2 d^2 (c^2 - a^2)}{a^2 c^2 (b^2 - d^2)}; \quad (7^a)$$

$$\gamma'^2 = \alpha^2 \cdot \frac{c^2 d^2 (a^2 - b^2)}{a^2 b^2 (d^2 - c^2)}; \qquad \gamma''^2 = \gamma^2 \cdot \frac{d^4 (c^2 - a^2)(c^2 - b^2)}{c^4 (d^2 - a^2)(d^2 - b^2)};$$

$$\alpha'''^2 = \beta'^2;\ \beta'''^2 = \gamma^2 \cdot \frac{a^2 d^2 (b^2 - a^2)}{c^2 b^2 (d^2 - a^2)};$$

$$\gamma'''^2 = \alpha^2 \cdot \frac{c^2 d^2 (a^2 - b^2)}{a^2 b^2 (c^2 - d^2)}.$$

Indem wir uns nun zur Discussion der Realitätsverhältnisse wenden, machen wir zunächst die Annahme, dass a^2, b^2, c^2 positive Grössen sind, d. h. dass wir es mit einer Fresnel'schen Wellenfläche zu thun haben, indem die negativen Werthen dieser Grössen entsprechenden Flächen, auf welche das Vorstehende noch anwendbar war, von jetzt ab ausgeschlossen sind. Wegen:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{\alpha^2}{a^2} + \frac{\beta^2}{b^2} + \frac{\gamma^2}{c^2}$$

kann die vierte Wurzel d^2 der Gleichung (6) als das Quadrat des Halbmessers eines Ellipsoids von den Halbaxen a, b, c angesehen werden, welcher seiner Grösse nach zwischen a und c gelegen sein muss, wenn die Cosinusse α, β, γ reell sind. Um also einem reellen Schnitt einer Wellenfläche zu entsprechen, müssen die Wurzeln der Gleichung (6) alle vier reell und positiv sein.

Alsdann gibt es aber immer **zwei** reelle Lösungen der Aufgabe, aus dem Centralschnitt die Fläche zu bestimmen, wenn es **eine** gibt. Denn vermöge der Beziehungen (7ª) zieht die Realität des Werthsystems der $\alpha\ \beta\ \gamma$ die von $\alpha'\ \beta'\ \gamma'$ nach sich, während α'' β'' γ'' und α''' β''' γ''' imaginär sind. Die beiden reellen Wellenflächen, die der Forderung genügen, unterscheiden sich also nur hinsichtlich ihrer mittleren Axe b (bez. d), während die grösste a und kleinste c übereinstimmen.

Es kann eintreten, dass von den Wurzeln der Gleichung (6) zwei oder mehrere einander gleich werden. Ist z. B.

$u_1 = u_2$, und u_3 und u_4 davon verschieden, so hat man die beiden oben in der Einleitung erwähnten reellen Lösungen:

$$\text{I. } u_1 = u_2 = a^2;\ u_4 = c^2;\ u_3 = d^2$$

also eine optisch einaxige Wellenfläche, und

$$\text{II. } u_1 = a^2;\ u_4 = c^2;\ u_3 = b^2,$$

wobei sich noch aus 7^a:

$$\gamma'^2 = \beta'^2 = 0;\ \alpha'^2 = 1$$

ergibt. Diese Lösung entspricht einem Hauptschnitt einer Wellenfläche mit den Axen a, b, c.

Eine Uebereinstimmung der beiden reellen Lösungen findet nur statt, wenn die der Grösse nach mittleren Wurzeln u_2 und u_3 einander gleich sind, d. h. wenn:

$$b^2 = d^2$$

ist. Dann ergibt sich aber, wegen:

$$\frac{1}{b^2} = \frac{\alpha^2}{a^2} + \frac{\beta^2}{b^2} + \frac{\gamma^2}{c^2}$$

die Beziehung:

$$\alpha \cdot c \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2 - c^2}} \pm \gamma \cdot a \sqrt{\frac{b^2 - c^2}{a^2 - c^2}} = 0,$$

d. h. die Richtung α, β, γ steht senkrecht auf einer der beiden in der XZ-Ebene gelegenen Linien, welche die Knotenpunkte der Wellenfläche mit dem Mittelpunkt verbindet, und die man secundäre optische Axen der Wellenfläche nennt. Für diejenigen Centralebenen also, welche durch zwei gegenüberstehende Knotenpunkte der Wellenfläche hindurchgehen, und nur für diese fallen die beiden reellen Lösungen zusammen. Durch die von einer solchen ausgeschnittene Curve lässt sich also keine von der ersten verschiedene Wellenfläche legen.

Es erübrigt noch, die vorstehenden Entwicklungen auf diejenige Fläche zu übertragen, deren Gleichung:

$$\frac{x^2}{r^2 - a^2} + \frac{y^2}{r^2 - b^2} + \frac{z^2}{r^2 - c^2} = 0$$

ist. Dies geschieht am bequemsten durch die Bemerkung, dass diese Fläche aus der Fresnel'schen Wellenfläche auch mit Hilfe reciproker Radienvectoren, den Mittelpunkt zum Inversionscentrum genommen, abgeleitet werden kann. In der That, setzt man:

$$x = \frac{x'}{r'^2}; \quad y = \frac{y'}{r'^2}; \quad z = \frac{z'}{r'^2}; \quad r = \frac{1}{r'};$$

$$a = \frac{1}{a'}; \quad b = \frac{1}{b'}; \quad c = \frac{1}{c'},$$

wo $r^2 = x^2 + y^2 + c^2$; $r'^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2$

ist, so gehen die beiden Flächengleichungen in einander über. Dies gilt auch von den vorstehend erhaltenen Resultaten, wenn man noch die Vertauschungen vornimmt:

$$d = \frac{1}{d'}; \quad \varrho = \frac{1}{\varrho'}; \quad u = \frac{1}{u'},$$

während sowohl die Coefficienten A, B in der Gleichung der ebenen Schnittcurve, wie auch die Cosinusse α, β, γ und der Winkel φ ungeändert bleiben.

Die zu Grunde liegende Curvengleichung lautet alsdann (die Striche oben an den Buchstaben sind wieder getilgt):

$$\varrho^4 - \varrho^2 (B_1 \cos^2 \varphi + B_2 \sin^2 \varphi + 2 B \cos \varphi \sin \varphi) +$$
$$+ A_1 \cos^2 \varphi + A_2 \sin^2 \varphi + 2 A \cos \varphi \sin \varphi = 0.$$

Die Gleichung vierten Grades für die Grössen

$$a^2 \leq b^2 \leq c^2; \; d^2$$

wird:

$$u^4 - u^3 (B_1 + B_2) + u^2 (A_1 + A_2 - B_1 B_2 - B^2) -$$
$$- u (A_1 B_2 + B_1 A_2 - 2 A B) + (A_1 A_2 - A^2) = 0.$$

Die vierte Wurzel d^2 steht mit den drei anderen in der Beziehung:

$$d^2 = a^2\alpha^2 + b^2\beta^2 + c^2\gamma^2$$

und muss, damit eine reelle Schnittebene möglich ist, zwischen a^2 und c^2 liegen. Für die Winkel der Letzteren gegen die Hauptschnittebenen erhält man die Gleichung:

$$\alpha^2 = \frac{b^2c^2 + a^2d^2 - (A_1 + A_2)}{(a^2 - b^2)(a^2 - c^2)}$$

und die entsprechenden.

Sitzung vom 1. December 1883.

Herr K. Haushofer legt eine Abhandlung vor:

„Beiträge zur mikroskopischen Analyse."

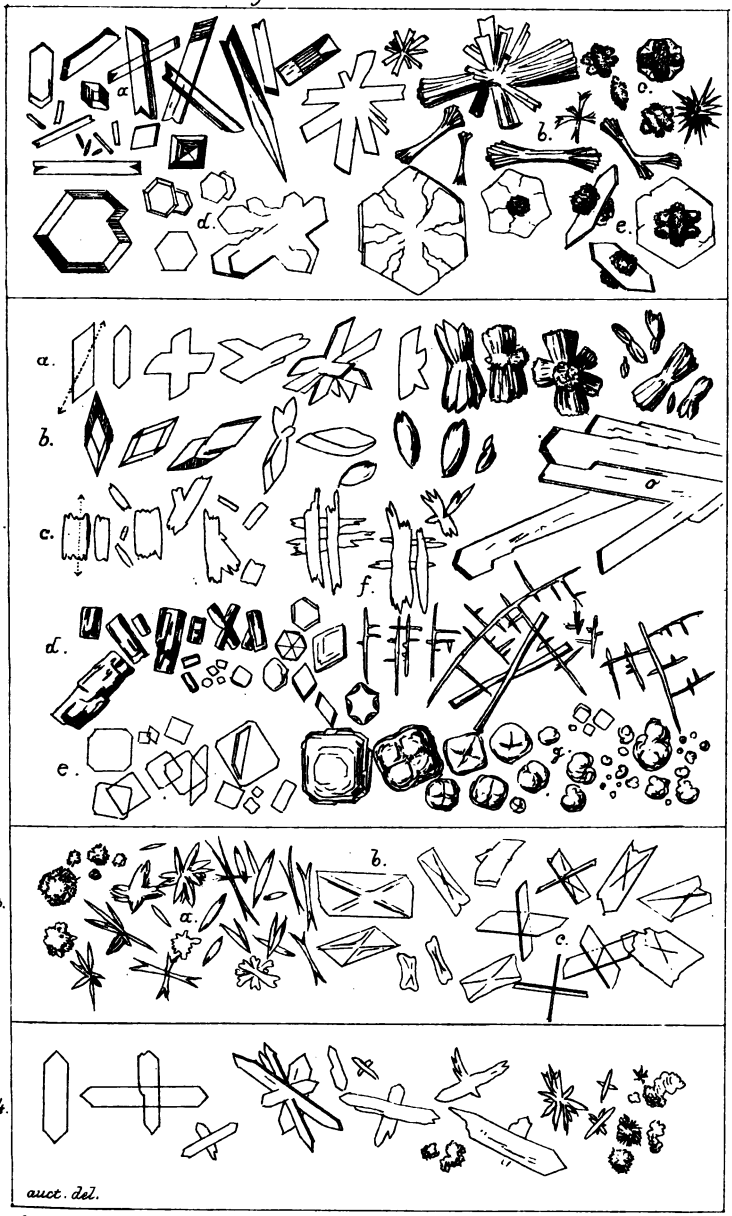
(Mit einer lith. Tafel.)

Die Methoden, welche darauf abzielen, die Gegenwart gewisser Stoffe durch krystallisirte Verbindungen derselben unter dem Mikroskop nachzuweisen, haben, wie die Arbeiten von Bořicky[1]), Behrens[2]) und O. Lehmann[3]) zeigen, in dem letzten Decennium grössere Beachtung gefunden und es ist nicht zu bestreiten, dass sie in manchen Fällen als brauchbare Hilfsmittel bei der Analyse sich erweisen können. Der mikroskopische Nachweis des Calciums als Gyps, des Urans als essigsaures Uranylnatrium, des Natriums als Kieselfluornatrium lässt sich den schärfsten analytischen Methoden zur Seite stellen. Eine praktische Bedeutung werden die mikroskopischen Methoden vorzugsweise dann gewinnen, wenn man mit sehr geringen Substanzmengen und mit Stoffen zu thun hat, für welche man besonders empfindliche Reactionen noch nicht besitzt.

1) Elemente einer neuen chem. mikr. Mineral- und Gesteinsanalyse — Archiv f. d. naturh. Landesdurchforsch. Böhmens 1877.

2) Verslagen en Meded. d. k. Akad. v. Wetensch. z. Amsterdam 1881.

3) Zeitschr. f. Krystallographie 1, 453; 6, 48, 580.


1.
a.
b.
c.
d.
e.
2.
a.
b.
c.
d.
e.
f.
3.
a.
b.
c.
4.
auct. del.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

Seit mehreren Jahren mit einer Aufgabe in dieser Richtung beschäftigt, habe ich in der letzten Zeit speciell die Cerium-, Thorium- und Yttriumsalze, sowie einige Verbindungen der Niob- und Tantalsäure studirt und in der Darstellung gewisser Verbindungen derselben, die sich durch Stetigkeit in der Krystallisation auszeichnen, zum Nachweis dieser Stoffe Methoden gefunden, die auch bei sehr geringen Substanzmengen anwendbar erscheinen.

Was zunächst das Cerium anlangt, so wäre darauf aufmerksam zu machen, dass zwei Sulfate desselben bekannt sind, die eine grosse Krystallisationsfähigkeit besitzen: erstens das schon von Marignac[1]) untersuchte hexagonale Salz der Zusammensetzung $Ce_2S_3O_{12} + 9H_2O$ und ein durch Descloizeaux[2]) zuerst beschriebenes monoklines Salz von noch unbekanntem Wassergehalt. Wenn man ceriumhaltige Mineralien z. B. Cerit, Orthit, Fluocerit etc. mit concentrirter Schwefelsäure zur Trockniss abraucht, den Rückstand mit einer unzulänglichen Menge Wasser auslaugt und die Lösung, welcher noch ein wenig Schwefelsäure zugesetzt wird[3]), verdunsten lässt, bilden sich zuerst die Krystalle des monoklinen Salzes; löst man diese in einer grösseren Menge Wasser wieder auf, so erhält man beim Verdunsten Krystalle des hexagonalen Salzes. Beide sind in ihrem Habitus und optischen Verhalten gut charakterisirt und leicht wieder zu erkennen. Beide bilden vorzugsweise prismatische Krystalle, welche gewöhnlich zu radial angeordneten Gruppen verwachsen sind und auch in ihren doppelfächerförmigen Wachsthumsgruppen eine gewisse Aehnlichkeit besitzen. Leider ist es mir trotz zahlloser Versuche nicht gelungen, Verbindungen herzustellen, in welchen sich Cerium, Lanthan und

1) Arch. sc. ph. nat. 1873.

2) Ann. d. Mines 1858. Wahrscheinlich $Ce_2S_3O_{12} + 8$ aq.

3) Dadurch wird die Verdunstung etwas verzögert und das Wachsthum der Krystalle begünstigt.

Didym krystallographisch unterscheiden liessen. In allen besser krystallisirenden Salzen erwiesen sich diese drei Stoffe vollkommen isomorph.

Auch die krystallographisch schon bekannten monoklinen Sulfate des Yttriums — $Y_2S_3O_{12} + 8H_2O$ [1]) und des Thoriums $ThS_2O_8 + 9H_2O$ [2]) eignen sich vermöge ihrer morphologischen Eigenschaften zum Nachweis dieser Stoffe unter dem Mikroskop und können aus den meisten ihrer natürlichen Verbindungen auf dem vorher beschriebenen Wege dargestellt werden. Das Yttriumsulfat repräsentirt in den vollkommener ausgebildeten Krystallen, die sich gewöhnlich aus stärkeren Lösungen bei langsamer Verdunstung bilden, die Combination $-P\infty \cdot P^1/_2 \cdot \infty P\infty$ in dicktafelförmiger Ausbildung, stets mit vorwaltendem Hemidoma; manchmal erinnern die Krystalle an die rhomboëderähnlichen Gestalten des Eisenvitriols. Die meisten aber bilden rhombische, an der spitzen Ecke abgestumpfte Tafeln, welche durch Zerrformen in blattförmig gefiederte und gelappte Aggregate übergehen. Letztere könnte man mit dem Berylliumsulfat $BeSO_4 + 4H_2O$ in seinen Wachsthumsformen verwechseln; sie zeigen jedoch viel lebhaftere Polarisationserscheinungen als letzteres und charakterisiren sich durch ihr Verhalten gegen Oxalsäure.

Wenn man thoriumhaltige Mineralien (Thorit, Orangit, Monazit, Aeschinit) in ähnlicher Weise mit Schwefelsäure behandelt und die noch etwas freie Schwefelsäure haltende Lösung verdunstet, scheidet sich in der Regel zuerst eine ganz geringe Menge Gyps ab; hierauf bildet sich eine Krystallisation von zahlreichen kleinen und grösseren warzenförmigen Aggregaten, welche bei grösserem Umfange eine blassgelbe Farbe besitzen und aus zahlreichen durcheinander-

1) Rammelsberg Pogg. Ann. 155, 579.
2) Nordenskiöld Pogg. Ann. 119, 50.

gewachsenen Krystalltafeln von oktogonalem Umrisse bestehen. Sie gehören dem Salze $ThS_2O_8 + 8H_2O$ an. Schliesslich — am sichersten aber bei wiederholtem Umkrystallisiren unter Zusatz von wenig Schwefelsäure, stellen sich neben den ersten Formen die monoklinen Gestalten des Salzes $ThS_2O_8 + 9H_2O$ in zwei verschiedenen Typen ein: entweder spitzpyramidale Combinationen oder seltener die kurzprismatischen Formen, welche an grösseren Krystallen des Salzes beobachtet sind.

Als besonders geeignet für den mikroskopischen Nachweis der genannten Erden empfehlen sich die Oxalate derselben, welche stets ausgezeichnete Mikrokrystalle bilden, vorausgesetzt, dass die Fällung derselben unter bestimmten Bedingungen stattfand.

Ein Ceriumoxalat mit 24 Mol. Wasser ($Ce_2C_6O_{12} + 24H_2O$) wurde krystallographisch durch Lang untersucht und als monoklin beschrieben.[1]) Die durch Oxalsäure oder oxalsaures Ammon in Ceriumlösungen hervorgebrachten Niederschläge gehören, je nachdem sie aus kalter oder heisser Lösung gefällt wurden, zwei anscheinend verschiedenen Formenreihen an; es muss weiteren Untersuchungen überlassen werden, zu entscheiden, ob sie, wie ich vermuthe, identisch sind und das Lang'sche Salz damit übereinstimmt.

Fällt man verdünnte Ceriumlösungen — sei es nun Ceriumsulfat oder Chlorid — bei gewöhnlicher Temperatur durch Oxalsäure oder oxalsaures Ammon, so bildet sich ein anfangs flockiger Niederschlag, der jedoch bald krystallinisch wird und aus feinen, beiderseits zugespitzten, oft auch an den Enden gegabelten und gezähnten Prismen besteht (Fig. 3a). Die Auslöschungsrichtung derselben liegt nicht parallel und rechtwinklig zur Längsaxe; die Polarisationserscheinungen sind lebhaft. Bei etwas stärkeren Lösungen vereinigen sich die Prismen zu radialangeordneten Gruppen.

---

1) Zeitschr. f. Chem. u. Pharmacie 1862, 688.

Aus heissen sehr verdünnten Lösungen fällt ein Salz in ziemlich grossen aber sehr dünnen rhomboidalen Blättchen, deren spitzer ebener Winkel zu 86° gemessen wurde (Fig. 3b). Nicht selten ist die stumpfe Ecke des Rhomboides durch eine Fläche abgestumpft, welche gegen die Langseite einen (ebenen) Winkel von 118° einschliesst. Einzelne scharf ausgebildete Tafeln zeigen blos die Winkel 118° und 62°. Gewöhnlich zeigen sie zwei Wachsthumsrippen, welche diagonal liegen und eine Art Briefcouvertform bedingen. Eine Auslöschungsrichtung schneidet die Langseite der Parallelogramme unter c. 27° und verbindet ungefähr die beiden stumpfen Winkel derselben. Von diesen Tafeln finden sich Uebergänge zu schmäleren Lamellen und endlich zu stäbchenförmigen Krystallen, an welchen oft noch die beschriebenen Wachsthumsrippen zu erkennen sind.

Als sehr charakteristisch erscheint die Verwachsung zweier Lamellen in der Art, dass die grossen Flächen in zwei annähernd rechtwinklig sich schneidende Ebenen fallen (Fig. 3c). Aus dem Umstande, dass die Auslöschungsrichtungen jener Lamellen, welche mit ihrer Fläche vertical stehen, in die Ebene der Blätter und rechtwinklig darauf fallen, muss man folgern, dass die Krystalle dem monoklinen System angehören.

In den Krystallformen, welche das Yttriumoxalat bei seiner Fällung durch Oxalsäure aus neutralen oder schwach sauren Yttriumlösungen bildet, lassen sich fünf verschiedene Typen unterscheiden: 1. kleine, anscheinend monokline Lamellen vom Habitus der Gypskrystalle (Fig. 2a), oft in kreuzförmiger Verwachsung und in büschelförmigen Aggregaten. Die Auslöschungsrichtung schneidet die Längskante unter c. 24°. Diese Formen bilden sich gewöhnlich vorübergehend, wenn man stärkere Lösungen von Yttererdesalzen mit Oxalsäure auf dem Objectglas zusammentreten lässt. 2. Spitze rhomboëderähnliche Formen, welche den

Auslöschungsverhältnissen nach wahrscheinlich ebenfalls monoklin und vielleicht nur eine Variante von 1 sind (Fig. 2b).[1]) 3. Kleine rectanguläre Lamellen, welche gewöhnlich an den Enden gegabelt oder ausgezähnt, oft zu kreuz- und gitterförmigen Gruppen verbunden sind (Fig. 2c). Sie zeigen, wie die vorher beschriebenen, lebhafte Polarisationserscheinungen und löschen parallel und rechtwinklig zu ihrer Langseite aus. 4. Kürzere und längere unregelmässig cannelirte Säulchen, welche in ihrem Ansehen an die prismatischen Sechslinge des Arragonit erinnern (Fig. 2d). Gelingt es, solche zu beobachten, welche aufrecht auf dem Objectglase stehen, so zeigt es sich, dass sie meistens einen 6eckigen Querschnitt besitzen und in der That sind diese Formen Sechslinge des rhombischen Systems, wie sich aus der Beobachtung im polarisirten Lichte ergibt. Selten finden sich Krystalle von einfachem Bau mit rhombischem Querschnitte. Solche konnte ich häufiger an dem übrigens isomorphen Erbiumoxalat beobachten und den spitzen ebenen Basiswinkel dabei zu 72—73° messen.

Neben diesen prismatischen Formen, welche immer bei der Fällung aus sehr verdünnten heissen Lösungen entstehen, stellen sich stets langspiessige, oft gekrümmte Krystallnadeln ein, von welchen andere unter rechten Winkeln abzweigen; an den letzteren befindet sich in der Regel eine dritte Generation von rechtwinklig angesetzten Dornen. Durch diese Wachsthumsformen hängen die Typen 3 und 4 zusammen und ich zweifle nicht, dass sie nur Formvarianten einer Reihe sind (Fig. 2f).

5. Vollkommen quadratische oder durch Abstumpfung der Ecken oktogonale dünne Tafeln, welche, wenn sie flach auf dem Objectglase liegen, zwischen gekreuzten Nicols

---

1) Die in Fig. 2 mit o bezeichneten Formen gehören der Oxalsäure an.

dunkel bleiben, demnach sicher tetragonal sind (Fig. 2e). Durch Aggregation bilden sie dicktafelförmige Massen von annähernd quadratischem Umrisse mit zwei Einschnürungen, welche entweder den Seiten oder den Diagonalen parallel liegen; in stärkeren Lösungen bilden sie kuglige und knospenförmige Gruppen (Fig. 2g).

Die Formen 1 und 2 sind labil, erscheinen verhältnissmässig selten und setzen sich in der Regel unter der Flüssigkeit schliesslich in die Formen von 4 und 5 um.

Verdunstet man auf einem Objectglas einen Tropfen einer Yttriumsulfatlösung bis sich die Krystalle dieses Salzes gebildet haben und lässt dann von der Seite her einen Tropfen starker Oxalsäure an die Krystalle treten, so beobachtet man, wie sich auf den letzteren massenhaft die knospenförmigen Gruppen des Salzes 5 entwickeln und kann gewöhnlich im Verlaufe der Einwirkung auch die labilen Formen 1 und 2 entstehen und verschwinden sehen. Am Schlusse der Einwirkung bildet sich ausschliesslich das tetragonale Salz und zwar um so vollkommener, je schwächer die Einwirkung wird.

Auch durch Fällung sehr verdünnter heisser Lösungen von Yttriumsulfat durch oxalsaures Ammon erhält man einen krystallinen Niederschlag, der aus sehr dünnen quadratischen und oktogonalen Blättchen des tetragonalen Systems besteht.[1])

Bei Anwendung von neutralem Kaliumoxalat als Fällungsmittel erhielt ich in der Regel aus sehr verdünnten Lösungen tetragonale Pyramiden von oktaëderähnlichen Verhältnissen — einer auch am Calciumoxalat vorkommenden Form ähnlich.

Es ist zu erwähnen, dass die Untersuchungen, welche

1) Da dieser Niederschlag allem Anscheine nach mit dem Oxalat des Typus 5 übereinstimmt, scheint die Angabe, dass durch oxalsaures Ammon aus Yttererdelösungen Doppelsalze gefällt werden, einer neuen Prüfung zu bedürfen.

ich bezüglich des Erbiumsulfates und -oxalates anstellte, die vollständige morphologische Uebereinstimmung dieser Verbindungen mit den analogen Yttriumsalzen ergaben.

Eine den Formen nach mögliche Verwechslung des tetragonalen Yttriumoxalates mit oxalsaurem Kalk ist durch das Verhalten gegen Schwefelsäure ausgeschlossen. Es genügt, ein Tröpfchen Schwefelsäure auf die Krystalle zu bringen, um bald wieder die bekannten Formen des Yttriumsulfates entstehen zu sehen; oxalsaurer Kalk setzt sich mit Schwefelsäure ziemlich schnell in Gyps um.

Versetzt man eine neutrale oder schwach saure Thoriumsulfatlösung mit verdünnter Oxalsäure, so entsteht sofort ein weisser flockiger Niederschlag, der nach einiger Zeit krystallinisch wird und vorherrschend aus langgestreckten, im Umrisse 6seitigen Täfelchen besteht, welche parallel und rechtwinklig zur Längsaxe auslöschen und wahrscheinlich dem rhombischen System angehören (Fig. 4). Der spitze ebene Winkel an den Enden der Lamellen beträgt 68°.

Als charakteristisch muss eine kreuzförmige Verwachsung zweier Lamellen gelten, bei welcher ihre Längsaxen sich unter 90° schneiden, während die Lamellen selbst in eine Ebene fallen. Ausserdem finden sich stern- und büschelförmige Gruppen.

In manchen Fällen können auch die Doppelsalze dieser Stoffe mit Kaliumsulfat für die mikroskopische Diagnostik beigezogen werden, obwohl sie nicht so charakteristisch sind wie die Oxalate und auch keine Unterscheidung der drei Stoffe gestatten. Das Kaliumceriumsulfat krystallisirt, als Niederschlag aus sehr verdünnten Lösungen erhalten, in sehr scharf ausgebildeten hexagonalen Tafeln; aus stärkeren Lösungen bilden sich kuglige Aggregate, die aus Anhäufungen solcher Krystalle bestehen. Auch das Kaliumthoriumsulfat kann in hexagonalen Täfelchen erhalten werden, die aber gewöhnlich zu wetzsteinähnlichen Formen in die Länge ge-

zerrt sind. Ich habe gefunden, dass auch das Kalium-Zirkoniumsulfat in denselben Krystallen auftritt; dieser Umstand lässt auf das grosse Gestaltungsvermögen des Kaliumsulfates, von welchem ja auch eine hexagonale Form bekannt ist, in diesen Doppelsalzen schliessen.

Der Nachweis des Niob und Tantal und besonders ihre Unterscheidung ist bekanntlich mit einigen Schwierigkeiten verbunden, wenn man nur geringe Mengen von Verbindungen derselben zur Verfügung hat. Ich kann als ein zuverlässiges, auch bei sehr geringen Substanzmengen noch anwendbares Verfahren zu ihrem Nachweis die Herstellung der krystallisirten Natronsalze beider Säuren empfehlen, welche auf zweierlei Weise zu gewinnen sind.

Wenn man das feine Pulver der natürlichen Niob- und Tantalverbindungen (Columbit, Tantalit, Yttrotantalit, Fergusonit etc.) in geschmolzenes bis zur Rothgluth erhitztes Natron einträgt, so findet unter lebhafter Einwirkung die Zerlegung derselben statt. Das Schmelzen kann unbeschadet des Erfolges anstatt in einem silbernen auch in einem eisernen Tiegel geschehen. Beim Auflösen der Schmelzmasse in wenig Wasser bilden sich wasserhaltige Salze der Tantal- und Niobsäure von noch zu bestimmender Zusammensetzung, welche in starker Natronlauge unlöslich sind und sich als Bodensatz abscheiden, durch die beigemengten Hydroxyde des Eisens und Mangans braun gefärbt. Sie sind stets krystallisirt und erscheinen unter dem Mikroskop als feine, farblose, an den Enden sehr oft mit einem einspringenden Winkel versehene Prismen, welche parallel und rechtwinklig zu ihrer Längsaxe auslöschen (Fig. 1a). Die Beschaffenheit der Enden gestattet kein sicheres Urtheil über das System, welchem die Krystalle angehören. Es finden sich hie und da schiefliegende Endflächen, die aber in der Lage so sehr wechseln,

dass man sie für Vicinalflächen halten muss. Dessenungeachtet bin ich geneigt, die Krystalle für rhombisch zu halten, weil die Auslöschungsrichtungen auf Flächen, welche annähernd rechtwinklig zur Längsaxe der Prismen stehen, genau diagonal liegen. Ein Unterschied in den Formen, je nachdem man reine Niob- oder Tantalsäure zu dem Versuche verwendet, besteht nicht.

Selbst durch Schmelzen geringer Mengen von Tantal- oder Niobsäure mit kohlensaurem oder kaustischem Natron in der Platinschlinge und Auflösen der trüben Perle in einem Tropfen Wasser erhält man dieselben Natronsalze, wenngleich die Krystalle nicht so gut ausgebildet erscheinen, wie bei der Operation mit grösseren Mengen. Ebenso verhalten sich Tantalit, Columbit, Yttrotantalit.

Sehr charakteristisch ist das Verhalten der Krystalle, wenn man sie auf dem Objectglas mit einem Tropfen Salzsäure in Berührung bringt. Sie werden sofort zersetzt, indem sie in die Hydrate der Säuren übergehen, allein ohne zunächst ihre Form und Durchsichtigkeit zu verlieren; im polarisirten Lichte erscheinen sie jedoch nun isotrop. In diesem Zustande und bei Gegenwart von Salzsäure nehmen sie durch Zusatz von Gallus- oder Gerbsäure eine gelbe Farbe an, die bei reiner Niobsäure sich dem Ziegelrothen nähert. Unter dem Mikroskop zeigen sich beide Farben so wenig intensiv, dass es dadurch nicht möglich wird, die Säuren sicher von einander zu unterscheiden.

Auch die bekannte Reduction der Säurehydrate zu blauen Oxyden bei Einwirkung von Zink und Schwefelsäure erscheint an so geringen Mengen, wie man sie unter dem Mikroskop handhaben kann, nicht übermässig deutlich.

Die ursprünglichen Natronsalze beider Säuren sind auch nach dem Abgiessen der Natronlauge in kaltem Wasser sehr schwer, leichter in siedendem löslich. Dabei darf man nicht allzulang erhitzen, weil sich die Verbindungen sehr leicht

unter Bildung saurer, schlecht krystallisirbarer Salze zersetzen. Es empfiehlt sich, der Lösung dabei etwas freies Natron zu lassen.

Aus der von natürlichen Niobaten herrührenden Lösung krystallisiren beim Erkalten oder Verdunsten: 1. das durch Marignac [1]) gefundene tantalsaure Natron von der Zusammensetzung $4\,Na_2O \cdot 3\,Ta_2O_5 + 25\,H_2O$ in ziemlich grossen, dünnen, aber scharf ausgebildeten hexagonalen Tafeln, deren Ränder gewöhnlich durch Pyramidenflächen zugeschärft sind (Fig. 1d) und 2. ein Salz in Formen, welche in jeder Beziehung mit den zuerst beschriebenen prismatischen vollkommen übereinstimmen. Man ist berechtigt, es für das von Marignac als nicht krystallisirbar bezeichnete Niobat zu betrachten; denn es herrscht um so mehr gegenüber dem hexagonalen vor, je niobreichere Columbite zur Schmelzung verwendet waren; bei Anwendung reiner Tantalsäure zeigen sich ausschliesslich die hexagonalen Krystalle.

Diese Salze werden durch Salzsäure ebenso wie das ursprüngliche zersetzt, ohne die Form zu verlieren; doch trüben sich die hexagonalen Tafeln rasch, während die Prismen durchsichtig bleiben, sich aber als isotrop erweisen.

Die daraus abgeschiedenen Säurehydrate verhalten sich natürlich gegen Gallus- oder Gerbsäure sowie gegen Zink gerade so wie die aus den ursprünglichen Natronsalzen dargestellten und man sieht auf einem Uhrglas die hexagonalen Tafeln, welche man aus Columbiten (z. B. von Haddam, Bodenmais) neben einer überwiegenden Menge von prismatischen Krystallen erhalten, ebenso wie die letzteren mit Schwefelsäure und Zink eine blassblaue Farbe annehmen.

Noch besser und insbesondere für sehr geringe Substanzmengen — ich habe noch bei 1^{mg} Columbit ganz scharfe Resultate erhalten — dürfte folgende Methode zum Nach-

1) Ann. Chim. Phys. 9, 265.

weise beider Säuren sein. Tantalsäure und Niobsäure lösen sich beim Erhitzen in einer Perle von geschmolzener Phosphorsäure vor dem Löthrohr langsam aber vollständig auf. Wenn man das fein gepulverte Glas in etwa 3 ^{ccm} heissem Wasser löst, gehen auch die Columbitsäuren vollständig in Lösung. Bringt man einige Tropfen der Lösung auf ein flaches Uhrglas und übersättigt sie mit Natronlauge, so bilden sich in derselben die prismatischen Krystalle der Natronsalze von Ta_2O_5 und Nb_2O_5, durch ihre Unlöslichkeit in Natronlauge, ihre Schwerlöslichkeit in kaltem Wasser und ihr Verhalten gegen Salzsäure charakterisirt.

Von den natürlichen Tantalaten und Niobaten verhalten sich Tantalit, Columbit, Yttrotantalit und Fergusonit ebenso. Bei Columbiten, welche wie der von Haddam, eine erhebliche Menge Tantalsäure enthalten, bildet sich, wenn die wässrige Lösung ziemlich verdünnt war, zugleich das hexagonale tantalsaure Natron in seinen charakteristischen dünnen Tafeln, deren Mitte manchmal von eigenthümlich angeordneten Krystallbüscheln — wahrscheinlich desselben Salzes durchbrochen erscheint (Fig. 1e). Das niobsaure Natron zeigt bei diesem Verfahren mehr als bei der Schmelzung mit Natronhydrat die Neigung zur Aggregation. Die kleinen prismatischen Krystalle besitzen häufig büschelförmige Enden und erscheinen zu zierlichen sternförmigen Gruppen verwachsen (Fig. 1b).

An diesen Versuch lässt sich eine Reaction zum Nachweise der Columbitsäuren knüpfen, die wegen ihrer Einfachheit Empfehlung verdient. Setzt man zu der wässrigen Lösung des Phosphorsäureglases, welche man bei der vorhergehenden Operation erhalten, eine kleine Menge Zinkstaub und ein paar Tropfen Schwefelsäure, so nimmt die klare Lösung in weniger Zeit als einer Minute eine schöne saphirblaue Farbe an, welche in verkorkter Probirröhre noch nach 24 Stunden deutlich zu erkennen ist. Allmählig wird die

filtrirte Lösung farblos; durch erneuten Zusatz von Zinkstaub kann man die blaue Farbe wieder erhalten.

Ich habe in dieser Beziehung ausser den reinen Säuren das Verhalten des Columbit, Tantalit, Fergusonit, Yttrotantalit, Polykras, Wöhlerit und Euxenit geprüft und bei allen das gleiche Resultat erhalten.

Ich habe mich ferner überzeugt, dass die Gegenwart selbst von viel Titansäure die Reaction nicht stört; das gleiche gilt von Wolfram. Reine Titansäure und Rutil auf gleiche Weise behandelt gaben mit Zinkstaub und Schwefelsäure keine Reductionsfarben; bei Gegenwart von Wolfram wird das Phosphorsäureglas schön blau; die Lösung ist farblos, geht aber bei Behandlung mit Zinkstaub und Schwefelsäure sehr schnell durch Violett ins Bräunlichweingelbe über (von Wolframdioxyd).

Erklärung der Tafel.

1. a Natronsalze der Niob- und Tantalsäure, durch Schmelzung mit Natron erhalten.
   a u. b Natronsalz der Niobsäure, umkrystallisirt.
   c, d u. e Natronsalz der Tantalsäure, umkrystallisirt.
2. Oxalate der Yttriums.
   a u. b monoklines Salz.
   c, d u. f rhombisches Salz.
   e u. g tetragonales Salz.
   o Oxalsäure.
3. Oxalat des Ceriums.
   a aus kalter Lösung.
   b u. c aus heisser Lösung.
4. Oxalat des Thoriums.

Herr von Pettenkofer trug vor:

„Einwirkung der schwefligen Säure (SO_2) in der Athemluft auf den thierischen Organismus."

Es ist von jeher bekannt gewesen, dass Menschen die beim Verbrennen von Schwefel sich entwickelnden Dämpfe sehr unangenehm empfinden, und wir vermeiden daher möglichst, eine Luft einzuathmen, welche merkliche Mengen schwefliger Säure enthält. Man hat aber schweflige Säure in der Luft bisher immer mehr als eine blosse Unannehmlichkeit, und nicht gerade als eine Gesundheitsschädlichkeit betrachtet, so lange in der Luft die nöthige Sauerstoffmenge vorhanden ist. — Man glaubte um so mehr dieser Ansicht sein zu dürfen, weil die schweflige Säure als ein Desinfektionsmittel, als ein Reinigungsmittel für Luft empfohlen und angewendet wurde. Ist ja wieder erst in neuester Zeit darauf hingewiesen worden, dass z. B. in einer Ultramarinfabrik, in der sich bei gewissen Operationen sehr viel schwefligsaures Gas in der Luft der Arbeitsräume entwickelt, die Arbeiter frei von Lungenschwindsucht und gelegentlich einer Choleraepidemie auch frei von Cholera geblieben sind. Damit suchen manche Aerzte und Polizeibehörden die vielen Klagen der Nachbarschaft von Ultramarinfabriken, von Hopfenschwefelungsanstalten etc. abzuweisen. Wenn man aber die Gesundheitsverhältnisse der Arbeiter in solchen Fabriken[1]) näher

1) Solche Anstalten sind: Ultramarinfabriken, Stroh-, Seide- und Wollbleichen, Runkelrübenzuckerfabriken, Hopfenschwefelei etc.

prüft, so ergibt sich, dass keiner einen länger andauernden Genuss solcher Luft erträgt, und desshalb mit den Arbeitern viel gewechselt werden muss.

Das war mir Veranlassung, den Einfluss der schwefligen Säure, wenn sie der Athemluft beigemischt wird, näher untersuchen zu lassen. Ich habe damit im hygienischen Institute einen meiner Schüler, Herrn Dr. med. N. Ogata aus Japan beauftragt. Zunächst war die Methode festzustellen, nach welcher gearbeitet werden sollte. Dr. Ogata benützte zu seinen Versuchen Kaninchen, Meerschweinchen, weisse Mäuse und Frösche, und prüfte zunächst, welche Mengen von schwefliger Säure in der Luft pathologische Erscheinungen an den Thieren oder deren Tod hervorriefen, um Anhaltspunkte für Beurtheilung der Wirkungsgränzen zu erhalten. Darüber war bisher nichts festgestellt. Die Versuche, welche man früher an Thieren gemacht hatte, beschränkten sich meist darauf, dass man dieselben in einen Kasten oder unter eine Glasglocke brachte, darin Schwefel anzündete und verbrennen liess, und nun beobachtete, wann und unter welchen Erscheinungen sie zu Grunde gingen. Hirt[1]) bezeichnet 1—3 Volum-Prozent SO_2 in der Luft noch als lange erträgliche schwache Conzentration und erst viel höhere Prozente als starke tödtliche. Aus den Versuchen von Ogata wird sich ergeben, dass diese Conzentrationen viel zu hoch angegeben sind.

Dr. Ogata setzte seine Thiere in einen Glaskasten, in dem sie sich ganz frei bewegen konnten, der beständig mit bestimmten Mengen Luft ventilirt werden konnte, welcher eine beliebte Menge SO_2 zugeführt wurde, welche während des Versuches stets gleich blieb. Die Ventilation des Kastens und die Untersuchung der durchströmenden Luft auf schwef-

1) Handbuch der Hygiene von Pettenkofer und Ziemssen. Gewerbekrankheiten von Hirt S. 15.

lige Säure besorgte der kleine Voit'sche Respirationsapparat, der auf dem Prinzipe meines grossen Respirationsapparates beruht, und als Quelle für schweflige Säure wurde ein Dochtlämpchen mit Schwefelkohlenstoff gefüllt benützt. Der Gehalt der Luft an SO_2 konnte sowohl durch Herausziehen und Hineinschieben des Dochtes im Schwefelkohlenstofflämpchen also durch Vergrösserung und Verkleinerung des Schwefelflämmchens, als auch durch vermehrte oder verminderte Ventilation der Kammer beliebig geändert werden. Die von den Untersuchungspumpen fortwährend gezogenen Luftproben gingen durch eine mit einer bekannten Menge Kaliumpermanganatlösung gefüllte sogenannte Barytröhre, deren Gehalt an Kaliumpermanganat nach dem Versuche wieder titrirt wurde, und aus dem Ergebniss wurde der Gehalt der durch die Kammer strömenden Luft an SO_2 berechnet.

Ogata führte 12 Versuche an lebenden Thieren aus. Der Gehalt der Luft an SO_2 wechselte von 0.04 bis 0.3 Volumprozent. Beim ersten Versuch mit 0.04 Prozent befanden sich ein Kaninchen, ein Meerschweinchen und eine Maus in der Kammer des Respirationsapparates. Nach 5 Stunden wurden die Thiere aus der Kammer entfernt. Sie waren entschieden unwohl, erholten sich aber in reiner Luft wieder. Bei allen 3 Thieren war die Hornheit der Augen trüb geworden, sie scheinen aus dem Kasten genommen nahezu ganz blind gewesen zu sein, denn sie reagirten auf vorgehaltene Gegenstände erst, wenn die Hornhaut damit berührt wurde. Bei dem Meerschweinchen und der Maus verschwand die Trübung schon nach 3 Stunden, beim Kaninchen erst nach mehr als 24 Stunden.

Beim zweiten Versuche wurde ein Kaninchen und ein Meerschweinchen zwei Stunden lang einer Luft ausgesetzt, die etwas über 0.05 Prozent SO_2 enthielt. Auch da trat, wie bei allen folgenden Versuchen die Trübung der Hornhaut ein, und zeigten sich bereits auch die Erscheinungen

der Dyspnöe. Aus der Kammer genommen, wurde das Meerschweinchen behufs der Sektion sofort getödtet, das Kaninchen aber behufs weiterer Beobachtung in seinen Käfig gebracht. Die Trübung der Hornhaut verschwand erst nach 4 Tagen. Trotz reichlicher Fütterung wurde das Thier schwach und magerte ab, erholte sich aber nach 8 Tagen wieder.

Der erste Versuch mit letalem Ausgange bei einem Versuchsthier wurde mit 0.08 Prozent SO_2 in der Luft gemacht. Es waren ein Kaninchen, ein Meerschweinchen und eine Maus in der Kammer. Sämmtliche Thiere zeigten sehr bald Dispnöe und die Maus starb nach 15 Minuten. Kaninchen und Meerschweinchen wurden noch lebend aus der Kammer gebracht, beim Meerschweinchen verlor sich die Dyspnöe rasch und trat volle Genesung ein, beim Kaninchen dauerte die Dyspnöe noch über 4 Stunden an, und seine Hornhäute waren nach 5 Tagen noch getrübt. Das Thier wurde trotz reichlicher Fütterung immer schwächer und verendete am 8. Tage nach dem Versuche.

Frösche starben in einer Luft, die 0.1 Prozent SO_2 enthielt, schon nach 10 bis 15 Minuten.

Bei einem Versuche mit 0.24 Prozent SO_2 in der Luft starb ein Kaninchen in der Kammer nach $4^1/_2$, ein Meerschweinchen nach 7 Stunden. — Beide Leichen wurden unter Aufsicht des Herrn Prof. Dr. Bollinger sezirt. Das Kaninchen zeigte leichte cyanotische Röthung der Schleimhaut des Rachens. In Kehlkopf und Luftröhre fand sich eine harte, nahezu durchsichtige grauweisse Auflagerung, welche sich in Zusammenhang abziehen liess, ca. $^1/_2$ Millimeter dick eine croupöse Membran darstellend. Diese Auflagerung setzte sich bis in die grossen Bronchien fort. In den mittleren Bronchien fehlte sie, war aber dort die Schleimhaut dunkel geröthet. Nach Entfernung der Membran zeigte sich die Schleimhaut des Kehlkopfes und der Bronchien stark ge-

röthet und geschwellt. — Die Lungen waren beiderseitig lufthaltig, das Gewebe blutarm, der Saftgehalt bedeutend vermindert. Im linken Vorderlappen fand sich eine collabirte, dunkelviolette Stelle mit geringem Luftgehalte. — Im rechten Ventrikel des Herzens war eine mässige Menge geronnenen schwarzen Blutes, im linken Ventrikel nur Spuren davon. Sonst war das Herz normal. — Die Milz war klein und blutarm, Leber und Nieren ebenfalls blutarm und sonst normal. Magen und Darm zeigten nichts Abnormes. — Diagnose: Laryngotracheitis, leichtes Lungenödem.

Die Sektion des Meerschweinchens lieferte in einigen Beziehungen ähnliche, doch in einigen Punkten sehr abweichende Erscheinungen, und konnte Prof. Bollinger die Todesursache nicht in so bestimmter Weise diagnostiziren.

Da beobachtet wurde, dass die Kaninchen in einer SO_2-haltigen Luft in der Minute weniger Respirationen machen, als in reiner Luft, sozusagen nur stossweise athmen, was man von dem Stimmritzenkrampf ableiten kann, welchen solche Luft auch bei Menschen hervorbringt, so war noch zu prüfen, ob ein tracheotomirtes Kaninchen, welches viel mehr und gleichmässiger fortathmet, nicht schneller zu Grunde ginge, als ein durch die Stimmritzen athmendes oder umgekehrt. Beim 10. Versuche Ogata's wurden 2 gleich grosse Kaninchen in die Kammer bei einem SO_2-Gehalt der Luft von 0.24 Prozent, das eine tracheotomirt, das andere ohne diese Operation gesetzt. Die beiden Thiere machten vor der Operation in der Minute jedes 86 Athemzüge. Nach der Operation zeigte auch das tracheotomirte die gleiche Zahl. In die Kammer gebracht zeigte das tracheotomirte Kaninchen nach 5 Minuten noch 86 Athemzüge, während sie beim nicht operirten auf 40 sanken; bei fortgesetzter Beobachtung sank aber auch beim tracheotomirten Thier die Athemfrequenz und bewegte sich zwischen 54 und 60, während beim nicht tracheotomirten die spätere Frequenz 32 bis 36 betrug. —

Das nicht tracheotomirte athmete schon nach wenigen Minuten stossweise, das tracheotomirte ruhig. Das nicht tracheotomirte verendete unter heftigen Krämpfen nach 1 Stunde 30 Minuten, das tracheotomirte unter den gleichen Erscheinungen erst nach 4 Stunden.

Derselbe Versuch wurde bei einem Gehalt der Luft von 0.3 Prozent SO_2 wiederholt. Auch da zeigte das nicht tracheotomirte Kaninchen etwa nur die Hälfte Athemzüge im Vergleich mit dem tracheotomirten, aber letzteres verendete nach 2 Stunden 50 Minuten, während das nicht tracheotomirte erst nach 4 Stunden.

Von den gefallenen Thieren wurde stets die Sektion gemacht, deren Resultate von Ogata mitgetheilt wurden. Die croupartigen Erscheinungen, wie sie von Bollinger constatirt wurden, kamen nie wieder zur Beobachtung, obschon kleine Auflagerungen auf der Schleimhaut der Luftröhre noch öfter gefunden wurden, woraus hervorgeht, dass der Tod auch in dem Falle von Prof. Bollinger nicht durch die binnen $1^1/_2$ Stunden entstandene Laryngotracheitis verursacht sein konnte.

Aus diesen Versuchen, welche vollständig und ausführlich in dem Archiv für Hygiene veröffentlicht werden sollen, geht hervor, dass schweflige Säure in der Luft schon in verhältnissmässig sehr geringer Menge krank macht, und in einer Menge, die noch nicht ein halbes Volumprozent erreicht, auch tödtet, wenn solche Luft einige Stunden geathmet wird. Der schädliche Einfluss kann nicht von der lokalen Reizung der Respirationswege abgeleitet werden, denn es zeigte sich daneben auch eine beträchtliche Störung in der Funktion der Organe der Ernährung, was auch regelmässig bei Fabrikarbeitern beobachtet wird, welche viel und lange der Einwirkung schwefliger Säure ausgesetzt sind. Verschiedene Thierspezies sind verschieden empfindlich gegen SO_2. Am empfindlichsten sind Frösche, dann folgen Mäuse, dann Ka-

ninchen, endlich Meerschweinchen. Aber auch individuelle Unterschiede innerhalb der gleichen Thierspezies kamen zur Beobachtung. So starb z. B. ein nicht tracheotomirtes Kaninchen in einer Luft von 0.24 Prozent SO_2 nach 1 Stunde 30 Minuten, bei einem zweiten Versuche eines in einer Luft von 0.3 Prozent SO_2 erst nach 4 Stunden.

Die Resultate der an Thieren angestellten Versuche sind desshalb nicht ohne weiters auf den Menschen anwendbar, für welchen nur Eines feststeht, dass SO_2 in der Luft jedenfalls ein wirksames Gift ist, denn schädlich zeigte es sich auch allen Thieren und haben Fabrikärzte auch für den Menschen die Schädlichkeit genügend constatirt. Für die Hygiene besteht jedenfalls die Aufgabe, SO_2 aus der Athemluft nach Möglichkeit auszuschliessen.

Eine weitere Frage ist, wodurch SO_2 so schädlich wirkt? Auch darüber hat Dr. Ogata im hygienischen Laboratorium Untersuchungen angestellt, über deren Resultat ich demnächst berichten werde.

Herr Wilhelm von Bezold macht eine vorläufige Mittheilung:

„Versuche über die Brechung von Strom- und Kraftlinien an der Grenze verschiedener Mittel."

Schon im Jahre 1845 wies Kirchhoff[1]) durch theoretische Betrachtungen nach, dass galvanische Ströme beim Durchschneiden einer Grenzfläche verschiedener Leiter, soferne dies nicht senkrecht auf die Trennungsfläche erfolgt, eine Brechung erfahren müssen.

Für diese Brechung gilt das Gesetz

$$\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{K_1} = \frac{\operatorname{tg}\alpha_2}{K_2},$$

wenn man unter α_1 den Einfalls- und unter α_2 den Brechungswinkel einer Stromlinie versteht und wenn K_1 und K_2 die Leitungsfähigkeiten der beiden Substanzen bezeichnen.

Einen experimentellen Beweis dieses Satzes, an dessen Richtigkeit man bei der Einfachheit der theoretischen Grundlage und nachdem Kirchhoff selbst wenigstens für den Fall eines Metalles die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Versuch nachgewiesen hatte, ohnehin nicht zweifeln konnte, lieferte Quincke[2]) im Jahre 1856 durch Untersuchung

1) Poggendorff. Annalen. LXIV. 497 ff.
2) Ib. XCVII. S. 382—396.

der Potentiallinien auf einer aus Blei und Kupfer zusammengesetzten Kreisscheibe, wobei er jedoch die Brechung als solche nicht besonders hervorhob.

Ein speziell zum Beweise dieser Brechung angestellter Versuch wurde vor zwei Jahren von Tribe beschrieben.[1]) Derselbe ist jedoch sehr complicirt und lange nicht so einwurfsfrei als der oben genannte von Quincke herrührende, dessen Wiederholung aber immer eine mühsame und schwierige Sache ist, so dass es wohl nicht unerwünscht ist, eine einfachere Methode kennen zu lernen, die sich sogar zu Vorlesungszwecken benutzen lässt.

Eine solche bietet sich in einer Modification des alten von Arago herrührenden und von Seebeck weiter verfolgten Versuches über das Anhängen und über die Anordnung von Eisenfeile an Leitern, welche vom Strome durchflossen werden.

Führt man nämlich einen kräftigen Strom — ich benutzte den Strom einer Dynamomaschine von ungefähr 12 Ampère — durch Blechplatten von nicht zu grosser Breite, so erhält man beim Bestäuben mit ganz feinem Eisenpulver (limatura martis) sehr schöne Potentiallinien.

Die Breite der Platten darf nicht zu erheblich sein, da sonst die Stromesdichtigkeit, die hier nicht gleichgültig ist, an einzelnen Stellen eine zu geringe wird. Auch die Beschaffenheit des Eisenpulvers ist für das Gelingen des Versuches von Bedeutung, dasselbe soll ein wenig magnetisch sein, aber ja nicht zu stark, weil es sich sonst nicht gleichförmig aufstreuen lässt und unabhängig vom Strome Zusammenballungen zeigt. Desgleichen ist die Oberflächenbeschaffenheit der Platten nicht ohne Einfluss; weder ganz blank polirte noch schmutzige Oberflächen sind geeignet, dagegen gelingen mir die Figuren sehr gut, wenn ich sie

1) Proc. Roy. Soc. XXX. 1881. S. 435 ff.

zuerst auf ganz blanker Fläche herstelle, alsdann die zuerst erhaltenen undeutlichen auf ein mit Kautschucklösung bestrichenes Papier abdrucke und dann nach flüchtiger Reinigung mit Weingeist die Platte abermals zu dem Versuche benutze. Es scheint, dass bei diesem Verfahren gerade noch eine Spur eines klebrigen Ueberzuges zurückbleibt, der alsdann das Gelingen des Versuches ausserordentlich begünstigt.

Endlich muss man auch darauf acht haben, dass die Platten nur lose auf einer Unterlage aufliegen, also etwa auf losen Papierbäuschchen oder auf Stücken von Kautschukschläuchen, damit sie sich leicht in ganz leise Erzitterungen versetzen lassen.

Bestreut man nun die Platten, während der Strom hindurchgeht, in der bekannten Weise sehr fein mit Eisenpulver und führt man alsdann mit einem leichten Holzklötzchen kurze Schläge gegen dieselben, am Besten gegen die Klemmschrauben, welche den Strom zuführen, so ordnen sich die Eisentheilchen zu feinen Streifen an, die nach dem Oerstedt'schen Gesetze senkrecht auf den Stromlinien stehen und mithin Linien gleichen Potentiales sind.

Stellt man nun solche Platten her, die aus verschiedenen Metallen zusammengesetzt sind, so erleiden diese Linien an der Grenzlinie beider Metalle eine Brechung, die man alsdann mit einem Blicke übersehen kann.

Ich habe mir zu dem Zwecke Platten verfertigen lassen, die aus Kupfer und Zink, beziehungsweise aus Kupfer und Neusilber zusammengesetzt sind. Die Platten bilden Rechtecke von 12 cm Länge und 4 cm Breite. Dabei ging bei zweien die Trennungslinie beider Metalle schief durch die Mitte, so dass die Seitenkanten unter 45 ^{0} geschnitten wurden, bei den übrigen Platten waren Kreise von 3 cm Durchmesser aus der Mitte herausgedreht und dafür solche von dem anderen Metalle durch Erwärmen des umschliessenden genau eingepasst.

In allen Fällen erfolgte die Brechung der Potentiallinien in der von der Theorie geforderten Weise und ist besonders der Versuch mit der Neusilber-Kupferplatte mit schiefer Trennungslinie ausserordentlich schlagend.

Bei jenen Platten, in deren Mitte sich der Kreis aus dem schlechten leitenden Metalle befindet, also Zink oder Neusilber in Kupfer, kommen die Potentiallinien auf diesen Kreisen nicht sehr deutlich zu Stande, da eben der grösste Theil des Stromes durch das umschliessende Kupfer geht, und desshalb die Stromesdichtigkeit auf den eingeschlossenen Platten eine zu geringe wird, um noch kräftig auf die Eisentheilchen wirken zu können.

Selbstverständlich müssen auch bei einem stationären Wärmestrome die Stromlinien eine ähnliche Brechung erleiden und hoffe ich auch, dies nach Art des Senarmont'schen Versuches anschaulich machen zu können. Die hierauf bezüglichen Experimente sind jedoch noch nicht weit genug gediehen, um ihrer jetzt schon weiter Erwähnung zu thun.

Für galvanische Ströme ist der experimentelle Beweis der von der Theorie geforderten Brechung, wie bemerkt, bereits durch andere geliefert worden und können die hier mitgetheilten Versuche höchstens wegen ihrer grösseren Einfachheit und Anschaulichkeit Interesse beanspruchen. Für Wärmeströme ergiebt sich die Brechung als unmittelbare Folgerung einer in ihren Grundlagen durchaus festbegründeten Theorie, so dass ein experimenteller Beweis kaum nothwendig erscheint.

Ganz anders verhält sich dies mit der Brechung der elektrischen Kraftlinien an der Grenzfläche zweier Dielektrica.

Da insbesondere nach den Untersuchungen Maxwell's jeder Vertheilung von galvanischen oder Wärmeströmen auch eine solche elektrischer Kraftlinien entspricht, und da die Formeln, welche diese Vertheilungen darstellen, genau die

nämlichen sind, soferne man nur anstatt der Constanten, welche das galvanische Leitungsvermögen oder die Wärmeleistungsfähigkeit ausdrücken, die Dielektricitätsconstanten einsetzt, so ergiebt sich von selbst, dass auch die elektrischen Kraftlinien an der Grenzfläche zweier Dielektrica eine Brechung erleiden müssen.

Der erste, der auf diese Folgerung aufmerksam gemacht hat, war meines Wissens Mascart, in dessen mit Joubert herausgegebenem Werke[1]) ich diesen Satz übrigens erst bemerkte, nachdem ich ihn ebenfalls selbständig aus Maxwell's Formeln abgeleitet hatte.

Das Brechungsgesetz muss dasselbe sein, wie bei den Stromlinien so zwar, dass beim Uebergange von Luft in ein anderes Delektricum die Brechung vom Einfallslothe weg stattfinden muss.

Bei dem Dunkel, welches noch immer über dem Wesen der Dielektrica schwebt, schien mir ein experimenteller Beweis dieses Satzes besondere Bedeutung zu besitzen.

Ich bediente mich zu dem Zwecke eines Hilfsmittels, das ich schon vor Jahren angewendet habe, um mir über den Verlauf elektrischer Kraftlinien durch den Versuch Aufschluss zu verschaffen:

Eine kleine Schellacknadel von 4 cm Länge trägt an beiden Enden ein Kügelchen aus Hollundermark. Sie hängt an einem Coconfaden und wird durch einen in der Mitte angesetzten senkrecht herabhängenden Flügel aus Schellack in horizontaler Lage erhalten. Der Flügel taucht in ein Gefäss mit Flüssigkeit und dient dadurch als Dämpfer.

Wird nun die eine Hollundermarkkugel positiv, die andere negativ geladen, so muss sich das System ebenso in die Richtung der Horizontalcomponente der elektrischen Ge-

1) Mascart et Joubert Leçons sur l'Électricité et le Magnetisme. Tome I. p. 115.

sammtkraft stellen, wie eine Magnetnadel in jene der magnetischen. Diese Richtung kann man durch Einvisiren annäherungsweise bestimmen.

Um nun mit Hülfe dieses Instrumentchens die Brechung nachzuweisen, verfuhr ich folgendermassen:

Auf die Bodenfläche eines Holzkistchens von 22,5 cm Länge, 7 cm Breite und 10 cm Höhe im Lichten wurde eine Spiegelglasplatte gelegt. Hierauf wurde eine Messingkugel von 2 cm Durchmesser, die sich am Ende einer verticalen Messingstange befand, mit Hülfe eines Stativs von oben her in das Kistchen hineingehalten. Hiebei war der Mittelpunkt der Kugel von der Glasfläche 5 cm entfernt und befand sich gerade oberhalb des Mittelpunktes dieser Fläche.

Nachdem alles so vorbereitet war, wurde die Form mit Paraffin ausgegossen und auf diese Weise ein parallelepipedischer Klotz erhalten, in dessen Innerem sich die Messingkugel befand.

Dieser Klotz wurde nun auf passende Stützen so aufgelegt, dass die von der Spiegelplatte abgenommene ebene Fläche vertical stund, während die Messingstange in horizontaler Richtung hervorragte und auch die langen Kanten des Parallelepipedons sich in horizontaler Lage befanden.

Der verticalen Fläche gegenüber und in gleicher Höhe mit der Kugel wurde nun das Schellacknädelchen angebracht und hierauf die Kugel vermittelst der hervorragenden Messingstange geladen.

Die Theorie verlangt nun, dass die Kraftlinien in der durch den Mittelpunkt der Kugel gehenden Ebene Gerade seien, die nach einem hinter der Kugel gelegenen Punkte convergiren. Dies gilt jedoch nur strenge, wenn die brechende Ebene unendlich gross ist, bei der hier getroffenen Anordnung nur mit einer gewissen Annäherung. Dabei musste in dem eben angenommenen idealen Falle der Punkt, nach welchem die Kraftlinien in der Luft convergiren von

der brechenden Fläche um $K \cdot d$ abstehen, wenn d die Entfernung des Mittelpunktes der Messingkugel von dieser Fläche und K die Dielektricitätsconstante des Paraffins ist. Nimmt man diese rund zu 2,3 an, so müsste demnach das Schellacknädelchen stets nach einem Punkte hinweisen, der um 11,5 cm von der vorderen Fläche entfernt ist.

Die Versuche entsprachen im Allgemeinen diesen Voraussetzungen; wie weit sich die Genauigkeit derselben treiben lässt und ob es etwa möglich sein wird, hieraus die Dielektricitätsconstanten einigermassen sicher zu bestimmen, dies muss sich erst bei weiterer Verfolgung derselben zeigen.

Jedenfalls darf die Brechung der elektrischen Kraftlinien an der Grenzfläche von Luft und Paraffin wenigstens qualitativ als bewiesen betrachtet werden.

Mascart beschreibt in seinem älteren Werke Traité d'Électricité statique[1]) einen Versuch, den man auch als hieher gehörig betrachten kann. Er nennt ihn réfraction de l'étincelle. Ich hatte ihn mit kleinen Modificationen ebenfalls bereits angestellt, bin jedoch dabei zu einem anderen Resultate gelangt als Mascart.

Es handelt sich bei diesem Versuche um das Ueberspringen eines Funkens zwischen zwei Kugeln, von denen sich die eine in der Luft, die andere in einem Gemische von Olivenöl und Terpentinöl befindet und die so gestellt werden, dass die Verbindungslinie beider Kugelcentren die Oberfläche des Oeles nicht senkrecht schneidet.

Herr Mascart giebt an, dass bei dieser Anordnung der Funke von der unteren Kugel fast senkrecht nach der Oberfläche hin strebe, dort eine Knickung erfahre und dann beinahe horizontal der oberen Kugel sich zuwende. Er fügt hinzu, dieser Vorgang erinnert an die Brechung des Lichtes.

---

1) p. 112.

Würde es sich jedoch thatsächlich immer so verhalten, wie hier angegeben, so würde der Versuch in directem Widerspruche stehen mit der von der Theorie geforderten Brechung der Kraftlinien an der Grenze von Luft und Oel. Diese Brechung muss nämlich im Oel von dem Einfallslothe hinweg erfolgen, der Funke muss sich demnach in der Luft der Verticalen mehr nähern als im Oele, vorausgesetzt, dass der Funke den Kraftlinien folgt, eine Voraussetzung, die gewiss nur mit Beschränkung zulässig ist.

Thatsächlich bin ich auch zu einem anderen Resultate gekommen, glaube jedoch, dass der Widerspruch nur ein scheinbarer ist und einfach zu lösen.

Dabei bediente ich mich jedoch eines etwas anderen Apparates als Herr Mascart, wodurch der Versuch etwas reiner werden dürfte.

Von einer weiten Flasche wurde der Boden abgesprengt, der Tubulus mit einem durchbohrten Korke verschlossen und durch die Bohrung eine Messingstange hindurchgesteckt, die an der einen Seite in eine Messingkugel endigte.

Der Apparat wurde nun mit dem Tubulus nach abwärts auf einen Dreifuss gestellt, so dass das Ganze aussah, wie ein eigenthümlich geformter Trichter, in den von unten eine Messingstange hineinragte, die an ihrem oberen Ende eine Kugel trug.

Nun wurde Olivenöl eingegossen, so dass die Kugel mit ihrem obersten Punkte etwa 1 bis 2 cm unter der Oberfläche des Oeles (dem kein Terpentinöl beigemischt war) lag. Oberhalb der Fläche, aber etwas seitlich von der verticalen Mittellinie befand sich die andere Kugel. Die beiden Kugeln wurden nun mit den Zuleitern eines Rühmkorff'schen Inductionsapparates verbunden, dessen Unterbrecher ich jedoch nicht selbständig arbeiten liess, sondern nur mit der Hand in Bewegung setzte, um einzelne Funken hervorbringen zu können.

Hiebei bemerke ich nun, dass der erste Funke jedesmal eine Brechung in dem von dem Brechungsgesetze geforderten Sinne erfuhr, während ein zweiter oder weitere Funken, die ich gleich nachher überspringen liess, einen anderen Weg einschlugen und zwar den von Herrn Mascart angegebenen. Es kann dies nicht so sehr überraschen, wenn man die gewaltigen Strömungen im Oele betrachtet, die sofort eingeleitet werden, sowie die intensiven Erwärmungen, welche einzelne Theile des Oeles erfahren. Diese Umstände scheinen den nachfolgenden Funken andere Wege zu bahnen.

Bei den späteren Funken bemerkte ich immer, dass sie nahezu senkrecht in der Flüssigkeit emporstiegen, sich dann horizontal über die Oberfläche hinzogen und dann mehr oder weniger geneigt in der oberen Kugel endigten.

Wegen dieser Veränderlichkeit habe ich dem Versuche sehr wenig Werth beigelegt und ihn nicht weiter verfolgt. Ich hätte seiner gar nicht gedacht, wenn nicht Herr Mascart denselben ebenfalls beschrieben hätte, aber in einer Weise, wonach er mit dem aus der Theorie abgeleiteten Brechungsgesetze in directem Widerspruche stehen würde.

Zum Schlusse mag noch eines Punktes Erwähnung gethan werden, der sich unwillkürlich der Betrachtung aufdrängt, sowie man aus der Brechung der Kraftlinien weitere Schlüsse zu ziehen versucht. Man könnte nämlich leicht auf den Gedanken kommen, dass es nach Analogie der Lichtbrechung auch möglich sein müsse, Linsensysteme zu construiren, welche eine Concentration der elektrischen Fernwirkung ermöglichten.

Bei genauerer Ueberlegung überzeugt man sich jedoch leicht davon, dass die Analogie mit der Lichtbrechung keine so vollkommene ist, als man auf den ersten Blick wohl glauben möchte.

Erstens ist das Brechungsgesetz ein anderes als beim Lichte und zweitens sind die elektrischen Kraftlinien nur in

dem einzigen Falle Gerade, wenn man es mit einem einzigen Kraftcentrum, d. h. mit einem geladenen Punkte oder einer geladenen Kugel zu thun hat und wenn die Brechung an einer (unendlich grossen) ebenen Fläche erfolgt. In allen anderen Fällen sind die Kraftlinien im Allgemeinen krumme Linien.

Ueberdies können die elektrischen Kraftlinien niemals in einem Punkte convergiren, der nicht selbst eine elektrische Ladung besitzt.

Die einzige Analogie, welche zwischen dioptrischen Systemen und ähnlich gebauten, aus Dielektriken hergestellten, vorhanden ist, besteht darin, dass in solchen Systemen die elektrische Scheidungskraft, d. h. die Kraft, welche auf die Einheit positiver Elektricität, die man sich in dem Punkte concentrirt denkt, ausgeübt wurde, an einzelnen Punkten ein Maximum oder Minimum wird. Bei Strömen hingegen ist es die Stromdichtigkeit, welche in solchen Systemen von Leitern an einzelnen Punkten ein Maximum oder Minimum werden kann.

Eine weitere Verfolgung dieses Gedankens möchte ich jedoch lieber einem Mathematiker von Fach überlassen.

Der Wunsch, über den Verlauf der Kraftlinien nach Brechung an sphärischen oder Cylinderflächen wenigstens im Allgemeinen Vorstellungen zu erhalten, war eben für mich die Veranlassung, die Eingangs beschriebenen Versuche mit den Platten anzustellen, welche im Innern mit Kreisscheiben aus anderem Materiale versehen waren. Die so erhaltenen Stromlinien entsprachen dem in Cylindern durch Brechung auftretenden Strom- oder Kraftlinien.

Herr C. Kupffer sprach:

„Ueber den „Axencylinder" markhaltiger Nervenfasern."

(Mit 1 Tafel.)

Die von Max Schultze eingehend begründete, aber bis auf den heutigen Tag nicht zu allgemeiner Anerkennung gediehene Lehre vom fibrillären Baue des Axencylinders hat durch die Einführung der Osmiumsäure in die Technik keine wesentliche Förderung erfahren. Wer eine fibrilläre Streifung des Axencylinders demonstriren will, greift wohl eher zur Chromsäurelösung von 1 : 2000, als zu jenem Mittel.

Ernst Fleischl ist sogar bei Anwendung derselben dahin geführt worden, die Existenz von Fibrillen am markhaltigen Nerven ganz zu leugnen.

Fleischl[1]) ist wohl der Erste, der den Querschnitt eines mit Osmiumsäure behandelten Nerven abbildete. Das Bild, nach einem Präparate vom Ischiadicus des Frosches entworfen, zeigt eine Mosaik schmaler schwarzer Ringe, die grosse helle Kreisflächen einschliessen. Ein Axencylinder, wie man ihn am Chromsäurepräparaten wahrnimmt, ist in diesen hellen Flächen nicht zu sehen. Die Nerven waren derart erhärtet worden, dass sie 24—48 Stunden in einer Osmiumsäurelösung von 1 : 1000 gelegen hatten. An der-

1) Festgabe an Carl Ludwig. Leipzig 1874. S. 51 Taf. VI Fig. 5.

Fig. A.

Fig. B.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

artigen Querschnitten, die nachträglich mit Carmin imbibirt wurden, sah Fleischl das ganze von dem schwarzen Markringe eingerahmte Feld sich gleichmässig rosaroth färben. Mit solchen Präparaten verglich er diejenigen, die Chromsäure und Alcohol als Erhärtungsmittel markhaltiger Fasern liefern, wobei die Chromsäure den Axencylinder schmal, unregelmässig gestaltet und auf dem Längsschnitt mit Zacken besetzt zeigt, während durch Alcohol häufig, wenn auch nicht immer, ein breiter, im Längsschnitt regelmässig bandförmiger, sich gleichmässig tingirender Cylinder sichtbar wird. Aus diesem verschiedenen Verhalten schloss Fleischl, dass der Axencylinder aus einer Substanz bestehen müsse, die von der der übrigen Formelemente des Körpers verschieden sei, denn weder das Protoplasma, noch die leimgebenden Gewebe, noch die Epithelialgebilde zeigten auch nur annähernd ein ähnliches Verhalten gegen jene Reagentien. Vor Allem, meint Fleischl, sei bemerkenswerth, dass kein einziges der übrigen Formelemente, wenn man es nicht geradezu vertrocknen lasse, solchen Schwankungen seiner Dicke unterworfen sei, je nach der ihm zu Theil gewordenen Behandlung. Darnach sei die Annahme die nächstliegende, dass der Axencylinder der lebenden Faser eine Flüssigkeit sei, und zwar ein je nach den Umständen in verschiedene Formen gerinnendes Plasma. Den bei Anwendung stark verdünnter Chromsäurelösungen fibrillär erscheinenden Axencylinder vergleicht Fleischl mit der fasrigen Struktur einer durch Gerinnung entstandenen Fibrinschnur.

Ranvier[1]) zeichnet den Querschnitt des Ischiadicus vom Hunde nach Behandlung mit Osmiumsäure von 1 : 100 und nachträglicher Erhärtung in Alcohol ganz ähnlich, lässt aber die von dem einfachen oder doppelten schwarzen Markringe

1) Ranvier. Technisches Lehrb. Deutsche Uebersetzung. S. 691. Fig. 247.

umfasste Axensubstanz fein punktirt sein, ohne indessen, weder in den Leçons sur l'histiologie du système nerveux, noch in dem Capitel des technischen Lehrbuches, das von den markhaltigen Nervenfasern handelt, den Axencylinder fibrillär zu schildern; er spricht von demselben im Allgemeinen als von einem homogenen Stabe. Indessen geht aus der Einleitung[1]) zur Besprechung des Nervensystems hervor, dass er, den Argumenten Max Schultze's sich anschliessend, dem Axencylinder doch eine fibrilläre Zusammensetzung zuschreibt und das homogene Aussehen daher leitet, dass die Fibrillen einander sehr genau und enge anliegen, oder dass zwischen ihnen eine das Licht gleich stark brechende Kittsubstanz existirt. Die leicht punktirte Substanz, die an gelungenen Osmiumsäurepräparaten auf dem Querschnitte den ganzen intravaginalen Axenraum der Fasern einnimmt, sieht Ranvier[2]) als den in normalen Dimensionen sich darstellenden Axencylinder an, der also der ganzen Breite des innerhalb der Markscheide gelegenen hellen Axentheils lebender intakter Nervenfasern korrespondiren würde. Zeige sich nach irgend welcher Behandlung ein dem Kaliber nach reducirter Axencylinder und zwischen diesem und der Markscheide ein periaxialer Raum, so sei dieser Raum als durch Schrumpfung des Axencylinders anzusehen, mithin ein Artefact.

Jedenfalls also findet Ranvier an den Osmiumsäurepräparaten markhaltiger Nervenfasern keine neuen Anhaltspunkte zur Begründung einer fibrillären Structur des Axencylinders.

Hans Schultze, ein Schüler Flemmings, giebt an, dass er bei Anwendung von Osmiumsäurelösungen von mehr als 0,5 % regelmässig Schrumpfbilder des Axencylinders angetroffen haben. Die besten Resultate erhielt er durch Lö-

1) Technisches Lehrb. S. 663—664.
2) Daselbst S. 702.

sungen von 0.1—0,5 % und konnte dann häufig durch die Markscheide hindurch eine deutliche Längsstreifung am Axencylinder wahrnehmen, die sich durch die ganze Dicke desselben erstreckte. Er zeichnet Nervenfasern aus den Spinalnervenwurzeln und dem tractus olfactorius von Gadus lota, die am Rissende den Axencylinder pinselartig in Fibrillen auseinanderweichend zeigen. Diese Objecte waren 8 Tage lang in einer Lösung von 1 : 500 aufgehoben gewesen.[1])

Ich habe, seitdem ich Histiologie lese, die Ansicht vertreten, dass parallel gelagerte Fibrillen den Axencylinder zusammensetzen, aber dabei unentschieden gelassen, ob zwischen denselben und der Markscheide sich ein periaxialer Raum (Klebs)[2]) finde, oder nicht und ob dem Axencylinder eine besondere Scheide zukomme. Das Bedürfniss, für die Demonstration der Fibrillen in den Vorlesungen Dauerpräparate zu erlangen, veranlasste mich in letzter Zeit, dünne Nervenstämme nach der Osmiumsäurebehandlung in toto färben und in Quer- und Längsschnitte zerlegen zu lassen. Einer meiner Schüler, Herr Adolph Maley, unterzog sich dieser Aufgabe und wird die Resultate, zu denen er gelangte, demnächst in seiner Dissertation darlegen. Die Mittheilungen, die ich hier gebe, stützen sich auf Präparate, die der Genannte angefertigt hat.

Wurde der Ischiadicus von Fröschen oder kleinen Säugethieren auf die Dauer von 20—24 Stunden in Osmiumsäurelösung von 1 : 100 gelegt, so ergaben die Querschnitte ein sehr wechselndes Kaliber des Axencylinders; in dem einen Falle füllte eine unbestimmt punktirte Masse den ganzen Axenraum aus, in andern Fällen umschloss ein breiter periaxialer Raum einen schmächtigeren Faden. Der innere Contour der Markscheide blieb aber stets intakt und regelmässig. Das

1) Arch. f. Anat. u. Entwicklungsgesch. 1878. S. 278. Taf. X. Fig. 13, 14.

2) Virchow's Arch. Bl. XXXI.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Schwanken im Kaliber des Cylinders bewegte sich innerhalb folgender Grenzen: den Durchmesser breiter Fasern des Ischiadicus vom Frosche = 1 gesetzt, so betrug der als Axencylinder anzusprechende Inhalt des Querschnittes im maximo 0,7 im minimo 0,2 dieses Durchmessers.

Die Färbungen der Axencylinder gelangen bei Anwendung von Boraxcarmin und verschiedenen basischen Anilinfarben entweder gar nicht oder unvollständig, nur ganz schmächtige Cylinder wurden lebhaft tingirt, liessen dann aber weder auf Quer- noch Längschnitten Fibrillen erkennen.

Als beste Methode bewährt sich schliesslich folgende:

Der Nerv wird, in physiologischer Streckung auf Kork fixirt, zwei Stunden lang in eine Osmiumsäurelösung von 1 : 200 gelegt, dann durch zwei Stunden in destillirtem Wasser ausgewaschen, hierauf in eine gesättigte wässerige Lösung von Säurefuchsin (Fuchsin S. Nr. 30) gebracht. In der Farbe bleiben die Objecte 24—48 Stunden, werden dann 6 bis höchstens 12 Stunden lang in absolutem Alcohol ausgewaschen, in Nelkenöl geklärt und in Paraffin eingebettet.

Wurde das Auswaschen in Alcohol über 12 Stunden hinaus fortgesetzt, so entfärbten sich die Objecte. Entfärbung erfolgte auch, wenn man genau nach der von Weigert[1]) für Chromsäurepräparate empfohlenen Methode des Auswaschens verfuhr. Die eingebetteten Nerven wurden mit dem Microtom in sehr dünne Quer- und Längsschnitte zerlegt; man erhielt mehrere successive Längsschnitte durch eine und dieselbe breite Faser. Waren die Präparate vollständig gelungen, so zeigten sich nur die Fibrillen lebhaft roth tingirt, die Zwischenräume zwischen denselben waren farblos. Hatte das Auswaschen in Alcohol nicht lange genug gewährt, so zeigte wohl auch der gesammte Axenraum eine hell rosarothe Färbung, von welchem Grunde sich die intensiv gefärbten Fibrillen scharf abhoben.

1) Medic. Centralblatt. 1882. Nr. 42.

Nach solchen gelungenen Präparaten vom Ischiadicus eines Frosches, die im hiesigen Institute aufgehoben werden, sind die beiden Zeichnungen auf beifolgender Tafel bei der Combination von Zeiss homog. Immers. $^1/_{18}$, O. 3 und Anwendung des Abbe'schen Beleuchtungsapparates entworfen worden. Der Zeichner hat die Fibrillen in Quer- und Längsschnitt eher zu dick als zu fein angelegt.

Wie man in Fig. A sieht, verhalten sich nicht alle Querschnitte durchweg gleich. An vielen derselben und besonders an den breitern, sind die gefärbten Pünktchen ganz gleichmässig durch den ganzen Raum vertheilt und von gleicher Grösse; an einigen sind die Pünktchen etwas gröber aber doch unter sich gleich, an andern sind sie in der Mitte des Axenraumes dichter angeordnet und fehlen gegen die Markscheide hin und endlich sieht man Querschnitte mit grössern roth gefärbten Partikeln in hellem Raume und relativ spärlichen feinen Punkten. Dabei ist es sehr wohl denkbar, dass bei dem Entfernen des Paraffins von den Schnitten durch ein Paar Tropfen Benzin oder Xylol die winzigen Stücke der Fibrillen zum Theil fortgeschwemmt wurden.

Als massgebend für die Beurtheilung der Anordnung im Leben sehe ich nur diejenigen Querschnitte an, bei denen sich eine ganz gleichmässige Vertheilung gleich grosser Pünktchen im Axenraume findet. Diese Punkte haben einen geringern Durchmesser, als der Abstand derselben von einander beträgt. Sie sind so scharf ausgeprägt, dass man sie fast zählen könnte und ich habe auch, wenigstens annähernd, Zählungen versucht, wobei an breiten Fasern die Zahl 100 überschritten wurde.

Noch instruktiver nach manchen Seiten hin sind Längsschnitte. Fig. B stellt einen Theil eines solchen Schnittes dar. Zunächst erweisen diese Schnitte, dass die Pünktchen an

den Querschnitten in der That longitudinal verlaufenden Fibrillen entsprechen und nicht etwa den Körnchen einer Zwischensubstanz; ferner ergiebt sich, dass die Fibrillen in ihrem Verlaufe gleichmässige Dicke bewahren, keine Knötchen zeigen, dass überhaupt jede Gliederung fehlt, auf die etwa die Querbänder der Frommann'schen Silberbilder[1]) bezogen werden könnten. Die Lehre der „nervous elements" von H. D. Schmidt[2]) findet an diesen Präparaten keine Stütze.

Wie an den queren, so sieht man auch an den Längsschnitten manche Faser, an welcher sich die Fibrillen gegen die Axe näher zusammendrängen, so dass zunächst der Markscheide eine schmale fibrillenfreie Zone sich zeigt; an den meisten Fasern aber ist die Vertheilung eine gleichmässige.

An keinem einzigen dieser Schnitte hat sich auch nur eine Spur eines Gebildes gezeigt, das als „Axencylinderscheide" aufgefasst werden könnte.

Diese Präparate sprechen meiner Meinung nach unwiderleglich für die Präexistenz der Fibrillen im gesammten Verlaufe der Nervenfaser. Die gleiche Dicke, die regelmässige Vertheilung im Axenraume nimmt den Gegnern dieser Anschauung wohl jeden Boden für den Einwand, dass postmortale Fadengerinnungen in einem flüssigen Medium oder Faltungen an der Oberfläche eines homogenen weichen Cylinders die Streifung bedingten.

Die Fibrillen bilden aber nur einen Bestandtheil des Axenraumes und der Abstand derselben von einander ist, nach den Querschnitten zu urtheilen, beträchtlicher, als ich es mir vorgestellt hatte. Welcher Art ist die Substanz, in der die Fibrillen suspendirt sind?

Bei dieser Frage möchte ich mich insoweit den An-

---

1) Zur Silberfärbung des Axencylinders. Virch. Arch. Bd. XXXI.
2) Monthly microsc. Journ. T. XII. 1874.

sichten Fleischl's und Klebs' anschliessen, dass ich als zweiten Bestandtheil des Axenraumes, vielleicht als den dem Volumen nach beträchtlichern, eine eiweisshaltige gerinnungsfähige Flüssigkeit annehme.

Dieser Annahme steht nichts im Wege und alle Erscheinungen, aus denen man bald auf einen festweichen, bald auf einen flüssigen Zustand des „Axencylinders", d. h. des gesammten Inhaltes des innerhalb der Markscheide gelegenen Axenraumes geschlossen hat, erklären sich zwanglos aus derselben. Ob eine spontane Gerinnbarkeit aufzustellen wäre, lasse ich auf sich beruhen, es scheint mir kein zwingender Grund dafür vorzuliegen. Wohl aber wäre eine gallertige Gerinnung beim Ansäuern, z. B. bei der Anwendung stark verdünnter Chromsäure und Osmiumsäure anzunehmen, da man namentlich nach kurzer Einwirkung der erstern Säure und des bichromsauren Ammoniak einen glasartigen Axencylinder streckenweise isoliren kann. Dieser Kuchen würde alle Fibrillen zunächst locker umschliessen und beim Fortwirken der die Gerinnung bedingenden Ursache sich unter Ausscheidung von Wasser verdichten und die Fibrillen zu einem kompakten Strange zusammenziehen, zu dem schmächtigen festen „Axencylinder."

Chromsäure und bichromsaures Ammoniak bedingen ja auch gallertige und später festere, fadenförmige Gerinnungen im Schafwasser des intakt gebliebenen Amniossackes, im Centralkanal und den Hirnventrikeln.

5procentige Salpetersäure, die man zu rasch isolirten frischen Nervenfasern unter dem Deckglase zufliessen lässt, giebt im Axenraume einen fein flockigen Niederschlag, ohne in den ersten Minuten die Markscheide merklich zu verändern. Diese kleinen Flocken kann man durch Druck auf das Deckglas hin und her bewegen, zum Beweise dafür, dass sie sich nicht in einer zäh gallertigen Masse befinden.

Von vorne herein wird anzunehmen sein, dass die Fi-

Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

I.

(vom Mai bis Juli.)

Von der K. Akademie der Wissenschaften in Berlin:

C. H. J. Jacobi's Werke. Bd. I. II. 1881—1882. 4°.

Von der deutschen chemischen Gesellschaft in Berlin:

15. Jahrgang Nr. 19. 1882. 8°.

Von der deutschen geologischen Gesellschaft in Berlin:

Zeitschrift. Bd. XXXV. 1883. 8°.

Von der medicinischen Gesellschaft in Berlin:

Verhandlungen. Bd. 13. 1883. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein in Bremen:

Abhandlungen. Bd. 8. 1883. 8°.

Von der Redaktion der Chemiker-Zeitung in Cöthen:

Chemiker-Zeitung. Jahrgang 1883. 1883. Fol.

Von der Société d'histoire naturelle in Colmar:

Bulletin. 22 et 23 années (1881 et 1882). 1883. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Danzig:

Die Flora des Bernsteins und ihre Beziehungen zur Flora der Tertiärformation und der Gegenwart. Bd. I. 1883. 4°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Emden:

67. Jahresbericht 1881/82. 1883. 8°.

Vom physikalischen Verein in Frankfurt a/M.:

Jahresbericht für die Jahre 1881/82. 1883. 8°.

Von der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt a/M.

Abhandlungen. Bd. XIII. 1883. 4°.
Bericht 1881—1882. 1882. 8°.

Vom Verein für Naturkunde in Fulda:

VII. Bericht. 1883. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein von Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald:

Mittheilungen. Bd. XIV. Berlin 1883. 8°.

Von der Wetterauischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde in Hanau:

Bericht vom Januar 1879 bis 31. Dezember 1882. 1883. 8°.

Vom Verein fur Naturkunde in Kassel:

29. u. 30. Bericht vom April 1881 bis April 1883. 1883. 8°.

Von der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft in Königsberg:

Schriften. 23. Jahrgang. 1882. Abth. I. II. 1882. 4°.
Beiträge zur Naturkunde Preussens. 1868—1882. 4°.

Von der K. Universitäts-Sternwarte in Königsberg:

Astronomische Beobachtungen. Abth. XXXVII. 1882. Fol.

Vom botanischen Verein in Landshut:

Flora des Isargebietes von J. Hofmann. 1883. 8°.

Von der astronomischen Gesellschaft in Leipzig:

Vierteljahrsschrift. 18. Jahrgang 1883. 1883. 8°.

Vom Verein für Erdkunde in Leipzig:

Mittheilungen 1882. 1883. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Leipzig:

Sitzungsberichte. 9. Jahrgang 1882. 1883. 8°.

Vom Verein für Naturkunde in Offenbach:

22. und 23. Bericht f. d. J. 1880—1882. 1883. 8°.

Vom zoologisch-mineralogischen Verein in Regensburg:

Correspondenz-Blatt. 36. Jahrg. 1882. 8.

Vom botanischen Verein für Thüringen in Sondershausen:

Irmischia. Jahrgang III. 1883. 8°.

Von der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg:

Sitzungsberichte. Jahrgang 1882. 1882. 8°.

Vom naturforschenden Verein in Brünn:

Verhandlungen. Bd. XX. 1882. 8°.
Bericht der meteorologischen Commission im J. 1881. 1882. 8°.

Von der ungarischen geologischen Anstalt in Budapest:

Földtani Közlöny. Bd. XIII. 1883. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein für Steiermark in Graz:

Mittheilungen. Jahrgang 1882. Heft 19. 1883. 8°.

Von der K. K. Sternwarte in Prag:

Beobachtungen im Jahre 1882. 1883. 4°.

Von der K. K. Gesellschaft der Aerzte in Wien:

Medicinische Jahrbücher. Jahrgang 1883. 1883. 8°.

Von der anthropologischen Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen. Bd. XIII. 1883. 4°.

Von der K. K. geologischen Reichsanstalt in Wien:

Jahrbuch. Jahrgang 1883. Bd. 33. 1883. 8°.
Verhandlungen 1883. 1883. 8°.

Vom Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien:

Schriften. Bd. 23. 1882/83. 1883. 8°.

Von der K. K. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien:

Verhandlungen. Jahrgang 1882. Bd. XXXII. 1883. 8°.

Von der Société Vaudoise des sciences naturelles in Lausanne:

Bulletin. 2. Série. Tom. 18. Nr. 88. 1882. 8°.

Von der Société entomologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. 26. 1882. 8°.

Von der Akademie der Wissenschaften in Amsterdam:

Verhandelingen. Natuurkunde Deel 22. 1883. 4°.
Verslagen en Mededeelingen. Natuurkunde Deel 17. 1882. 8°.
Processen Verbaal. Natuurkunde 1881/82. 8°.

Von der Société Hollandaise des sciences in Harlem:

Archives Néerlandaises des sciences exactes. Tom XVIII. 1883. 8°.

Von der Sternwarte in Leiden:

Catalogus van de Bibliotheek der Sterrenwacht te Leiden. Suppl. I. II. s'Gravenhage 1881. 8°.

Vom Institut Royal météorologique des Pays-Bas in Utrecht:

Nederlandsch Meteorologisch Jaarboek voor 1882. 1883. 4°.

Vom Editorial Committee in Christiania:

Den Norske Nordhavs-Expedition 1876 - 1878.
X. Meteorologi af H. Mohn. 1883. Fol.

Von der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Dorpat:

Archiv für die Naturkunde Liv- Esth- und Kurlands. I. Serie. Bd. IX. 1882. 8°.

Vom Jardin Impérial de botanique in St. Petersburg:

Acta horti Petropolitani. Vol. VIII. 1883. 8°.

Vom physikalischen Central-Observatorium in St. Petersburg:

Annalen. Jahrgang 1881. Theil II. 1882. 4°.

Vom naturforschenden Verein in Riga:

Correspondenz-Blatt XXV. 1882. 8°.

Von der Société de géographie commerciale in Bordeaux:

Congrès national des sociétés françaises de géographie. 5e session, Bordeaux September 1882. 1883. 8°.

Von der Union géographique du Nord de la France in Douai:

Bulletin 1883. 8°.

Von der Société d'agriculture in Lyon:

Annales 5. Série tom. 4. année 1881. 1882. 8°.

Von der Société d'anthropologie in Paris:

Bulletins. 3. Série. tom. 6. 1883. 8°.

Von der Société mathematique de France in Paris:

Bulletin. Tom 1—10. 1872/73—1881/82. 1873—1882. 8°.

Vom Comité international des poids et mesures in Paris:

Procès-verbaux des séances de 1882. 1883. 8°.

Von der École polytechnique in Paris:

Journal. Cahier 51. 1882. 4°.

Von der Società Italiana di scienze naturali in Mailand:

Atti Vol. XXIV und XXV. 1881—1882. 8°.

Von der Società dei Naturalisti in Modena:

Annuario. Ser. II. Anno XV. XVI. 1882—83. 8°.

Von der Reale Accademia delle scienze fisiche in Neapel:

Atti. Vol. IX. Napoli 1882. 4°.
Rendiconto. Anno XIX—XXI. Napoli 1881—1883. 4°.

Von der Società di scienze naturali ed economiche in Palermo:

Giornale di scienze naturali ed economiche. Vol. XV. (1880—1882). 1882. 4°.

Vom R. Comitato geologico d'Italia in Rom:

Bollettino 1883. 1883. 8.

Von der Società Italiana delle Scienze in Rom:

Memorie di matematica e di fisica. Serie III. Vol. V. Roma 1882. 8°.

Vom Instituto y Observatorio de marina de San Fernando in Cadix:

Almanaque naútico para 1883. 1884. Barcelona 1881. 1882. 8°.

Von der Royal Institution of Great Britain in London:

List of the Members 1881. 1882. 8°.
Proceedings. Vol. X. 1883. 8°.

Von der natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch Indië in Batavia:

Natuurkundig Tijdschrift. Deel 41. 1882. 8°.

Vom Meteorological Departement of India in Calcutta:

Observations 1882. 1882. Fol.
Indian Meteorological Memoirs. Vol. II. 1882. Fol.
Report on the Meteorology of India in 1880 by Henri F. Blanford. VI. year. 1882. Fol.
Report on the Administration of the Meteorological Departement of the Government of India in 1881—1882. 1882. Fol.

Von der Seismological Society of Japan in Tokio:

Transactions. Vol. V. 1883. 8.

Von der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Yokohoma:

Mittheilungen. 28. Heft. Februar 1883. 8°.

Von John Hopkins University in Baltimore:

American chemical Journal. Vol. 4. 5. 6. 1883. 8°.

Vom Harvard College Observatory in Cambridge Mass:

Observations of the Transit of Venus Dec. 5. and 6. 1882. by Edw. C. Pickering. 1883. 8°.
37th annual Report of the Astronomical Observatory of Harvard College, by Edw. C. Pickering. 1883. 8°.

Vom Observatory in Cincinnati:

Publications. Micrometrical Measurements of double Stars 1879—1880. 1882. 8°.

Von der Academy of natural sciences in Davenport:

Proceedings. Vol. III. 1879--1882. 8°.

Von der Wisconsin Academy of Sciences, Arts & Letters in Madison:

Transactions. Vol. 5. 1877—1881. 1882. 8°.

Von der Redaction des American Journal of Science in New-Haven.

The American Journal of Science. No. 144—147 (Dec. 1882—March 1883). 1882—1883. 8°.

Von der American geographical Society in New-York:

Bulletin 1883. 1882—1883. 8°.

Von der American pharmaceutical Association in Philadelphia:

Proceedings. 30th annual Meeting, held at Niagara Falls Sept. 1882. 1883. 8°.

Von der Peabody Academy of Science in Salem:

Primitive Industry by Charles C. Abbott. 1882. 8.

Von der American Association for the advancement of Science in Salem:

Proceedings. 28th meeting held at Saratoga Springs 1879. 1880. 8°.

Vom Bureau of Navigation, Navy-Department in Washington:

Astronomical Papers of the American Ephemeris. Vol. I. 1882. 4°.

Vom United States Naval Observatory in Washington:

Astronomical and Meteorological Observations for the year 1878. 1882. 4.

Vom United States Coast Survey Office in Washington:

Annual Report of the Superintendent of the Coast Survey for the year 1880. 1882. 4°.

Von der Oficina meteorológica Argentina in Buenos-Aires:

Anales. Tomo III. 1882. 4°.

Vom Museo público in Buenos-Aires:

Anales. Entrega 13. 1883. 4.

Vom Museu nacional in Rio de Janeiro:

Archivos. Vol. IV. V. 1879—1880. 1881. 4°.

Vom Observatoire Impérial in Rio de Janeiro:

Annales. Tom I. 1882. 4°.
Bulletin. Année 1883. 1883. 4°.

Vom Observatory in Adelaide:

Meteorological Observations during the year 1880. 1882. Fol.

Vom New Zealand Institute in Wellington:

Vol. XII. XIII. XIV. 1880—1882. 8°.

Von Herrn Wilhelm Blasius in Braunschweig:

Ubeer neue und zweifelhafte Vögel von Celebes. Braunschweig 1883. 8°.

Vögel von Borneo. Wien 1883. 8°.

On a Collection of Birds from the Isle of Ceram. London 1882. 8°.

Von Herrn Anatole de Caligny in Versailles:

Recherches sur les oscillations de l'eau et les machines hydrauliques. 2 Voll. Paris 1883. 8°.

Von Herrn G. Gore in Birmingham:

The electric Balance of Chemical Corrosion 1883. 8°.

Von Herrn L. A. Huguet-Latour in Montreal:

Third Report of the Montreal Horticultural Society for the year 1877. 1878. 8°.

Grand Provincial Exhibition September 14th to 23th 1882 in Montreal. 1882. 8°.

Premium List. Exhibition of Dogs 1883. Ottawa 1883. 8°.

Appendix to the annual Report of the Department of Agriculture. Ottawa 1880. 8°.

Von Herrn M. L. Kronecker in Berlin:

Zur Theorie der Abelschen Gleichungen. 1882. 4°.

Die Composition Abelscher Gleichungen. 1882. 8°.

Sur les unités complexes. Paris 1883. 4°.

Von Herrn R. D. Lacoe in Wilkes-Barre, Pennsylvania U. S.:

List of Palaeozoic fossil Insects 1883. 8°.

Von Herrn Baron Ferdinand von Müller in Melbourne:

Systematic Census of Australian Plants. Part I. 1882. 4°.

Von Herrn Francesco Orsoni in Pisa:

Sui nuovi ioduri di amilo. Ancona 1883. 8°.

Von Herrn A. Petermann in Frankfurt a/M.:

Zahnärztlicher Almanach. 1877 - 1881. 8°.
Zahnärztliche Belehrungen für Laien. 1883. 8°.

Von Herrn Edward C. Pickering in Cambridge, Mass:

Mountain Observatories s. l. 1883. 8°.

Von Herrn T. H. Potts in Ohinitahi, New-Zealand:

Out in the open: a Budget of Scraps of Natural History. Christchurch 1882. 8°.

Von Herrn Alfred Preudhomme de Borre in Brüssel:

Liste des Martides du Musée Royal d'histoire naturelle de Belgique. 1883. 8°.

Von Herrn K. Prossliner in Bilin:

Das Bad Ratzes in Südtirol. 1883. 8°.

Von Herrn G. vom Rath in Bonn:

Vorträge und Mittheilungen. 1883. 8°.
Mineralogische Mittheilungen. Neue Folge. Leipzig 1883. 8°.

Von Herrn Johannes Ranke in München:

Beiträge zur physischen Anthropologie der Bayern. 1883. 4°.

Von Herrn Eduard Regel in St. Petersburg:

Gartenflora 1883. Stuttgart 1883. 8°.

Von Herrn Ernst Rethwisch in Heidelberg:

Der Irrthum der Gravitationshypothese. Freiburg 1882. 8°.

Von Herrn Gerhard Rohlfs in Weimar:

Meine Mission in Abessinien im Winter 1880/81. Leipzig 1883. 8°.

Von Herrn F. Sandberger in Würzburg:

Ueber den Basalt von Naurod bei Wiesbaden s. l. s. a. 8°.

Ueber die mikroskopischen Zirkone in Graniten und Gneissen. Würzburg 1883. 8°.

Von Herrn Arcangelo Scacchi in Neapel:

Della lava Vesuviana dell' anno 1631. Memoria I. 1883. 4°.

Von Herrn Joh. Nep. Woldrich in Wien:

Beiträge zur Flora der Breccien. 1883. 8°.

Von Herrn Karl Zittel in München:

Traité de Paléontologie. Tom I. Paléozoologie. Paris 1883. 8°.

II.

(vom August bis November.)

Vom K. preussischen geodätischen Institut in Berlin:

Astronomisch-geodätische Arbeiten in den Jahren 1881 und 1882. 1883. 4°.

Verhandlungen der vom 11. bis zum 15. September 1882 im Haag vereinigten Commission der europäischen Gradmessung. 1883. 4°.

Gradmessungs-Nivellement zwischen Swinemünde und Amsterdam von Wilhelm Seibt. 1883. 8°.

Vom naturhistorischen Verein der preussischen Rheinlande in Bonn:

Verhandlungen. 40. Jahrgang. 1882—83. 8°.

Vom K. mineralogisch-geologischen Museum in Dresden:

Mittheilungen. Heft 5. Kassel 1882. 4°.

Die Meteoriten des k. mineralogischen Museums in Dresden von A. Purgold. Dresden 1882. 8°.

Ueber neue Funde in den Phosphatlagern von Helmstedt etc. von H. B. Geinitz s. l. s. a. 8°.

Vom ärztlichen Verein in Frankfurt a/M.:

Jahresbericht über die Verwaltung des Medizinalwesens der Stadt Frankfurt a/M. 26. Jahrgang 1882. 1883. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Freiburg i/B.:

Festschrift der 56. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. 1883. 8°.

Von der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Giessen:

22. Bericht. 1883. 8°.

Von der Redaktion des Archivs in Greifswald:

Archiv der Mathematik und Physik. Th. 70. Leipzig 1883. 8°.

Von der geographischen Gesellschaft in Greifswald:

I. Jahresbericht 1882/83. 1883. 8°.

Von der Kais. Leopoldinisch-Carolinischen deutschen Akademie der Naturforscher in Halle a/S.:

Verhandlungen. Bd. 44. 1883. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein für Sachsen und Thüringen in Halle a/S.:

Zeitschrift für Naturwissenschaften. Bd. 56. Berlin 1882. 8°.

Von der naturhistorischen Gesellschaft in Hannover:

31. und 32. Jahresbericht für 1880—1882. 1883. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein in Karlsruhe:

Verhandlungen. Heft 9. 1883. 8°.

Von der Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel:

Ergebnisse der Beobachtungsstationen 1882. 1883. 4°.
4. Bericht der Kommission. Abtheilung II. Berlin 1883. Fol.

Vom naturwissenschaftlichen Verein für Schleswig-Holstein in Kiel:
Schriften. Bd. V. 1883. 8°.

Vom K. Sächsischen meteorologischen Institut in Leipzig:
Jahrbuch 1883. 1883. Fol.

Von der K. technischen Hochschule in München:
Bericht für das Studienjahr 1882/83. 1883. 4°.
Programm für das Jahr 1883/84. 1883. 8°.

Von der naturhistorischen Gesellschaft in Nürnberg:
Jahresbericht 1882. 1883. 8°.

Vom Astrophysikalischen Observatorium in Potsdam:
Publicationen. Bd. III. 1883. 4°.

Von der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg:
Verhandlungen. Neue Folge. Bd. XVII. 1883. 8°.

Vom Verein der Aerzte in Steiermark in Graz:
Mittheilungen. XIX. Vereinsjahr 1882. 1883. 8°.

Vom Siebenbürgischen Verein für Naturwissenschaften in Hermannstadt:
Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 33. 1883. 8°.

Von der mathematischen und physikalischen Gesellschaft in Prag:
Časopis. Bd. XI. 1881—1882. 8°.

Von der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde in Salzburg:
Mittheilungen. 23. Vereinsjahr 1883. 1883. 8°.

Von der K. K. Akademie der Wissenschaften in Wien:
Denkschriften. Mathematisch-naturwissenschaftl. Klasse. Bd. 45. 46. 1883. 4°.

Sitzungsberichte. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse.
I. Abtheilung Bd. 86. 87.
II. „ „ 87.
III. „ „ 87. 1882—83. 8°.

Von der K. K. Centralanstalt für Meteorologie in Wien:

Jahrbücher. Neue Folge. Bd. 16. 18. 1882. 4°.

Von der geographischen Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen 1882. Bd. XXV. 1882. 8°.

Von der schweizerischen geologischen Commission in Bern:

Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lieferung 19 und 27. 1883. 4°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Bern:

Mittheilungen 1882. 8°.

Von der Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften in Bern:

Verhandlungen der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Linthal 11—13. September 1882. Glarus 1882. 8°.
Compte-rendu (französische Uebersetzung des vorigen). Génève 1882. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft Graubündens in Chur:

Jahresbericht. N. F. XXVI. Jahrgang 1881/82. 1883. 8°.

Von der Société des Sciences naturelles in Neufchatel:

Bulletin. Tom. XIII. 1883. 8°.

Von der Société Royal malocologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. XVII. Année 1882. 1882. 8°.
Procès verbaux 4. Août 1882 — 1. Juillet 1883. 1883. 8°.

Von der Nederlandsche botanische Vereeniging in Nijmegen:

Nederlandsch kruidkundig Archief. II. Serie. 4. Deel. 1883. 8°.

Vom Observatoire météorologique der Universität in Upsala:

Bulletin mensuel. Vol. XIV. Année 1882. 1882—1883. 4°.

Von der Finländischen Gesellschaft der Wissenschaften in Helsingfors:

Bidrag till kännedom af Finlands Natur och Folk. Heft 37. 38. 1882. 8°.

Von der Société Imperiale des Naturalistes in Moskau:

Bulletin. Année 1883. 1883. 8°.

Vom physikalischen Observatorium in Tiflis:

Meteorologische Beobachtungen. 1871—1881. 1877—1882. 8°.
Magnetische Beobachtungen. 1879. 1880. 1880—1881. 8°.
Beobachtungen der Temperatur des Erdbodens 1880. 1881. 8°.

Von der Société Linnéenne de Normandie in Caen:

Bulletin. 4. Serie. Vol. 6. Année 1881—1882. 1882. 8°.

Von der Société Linnéenne in Lyon:

Annales. Année 1882. Nouv. Série. Tom. 29. 1883. 8°.

Von der Académie des Sciences in Paris:

Comptes rendus. tom. 97. 1883. 4°.

Von der École polytechnique in Paris:

Journal. 52e cahier 1882. 4°.
Annales du bureau des longitudes. Tom. II. 1882. 4°.

Vom Muséum d'histoire naturelle in Paris:

Nouvelles Archives. II. Série. Tom. 5. 1883. 4°.

Von der Société de géographie in Paris:

Bulletin 1883. 1883. 8°.

Von der Société zoologique de France in Paris:

Bulletin. 8. année 1883. 1883. 8°.

Vom Reale Osservatorio di Brera in Mailand:

Pubblicazioni Nr. XXIII. 1883. Fol.

Von der Società Italiana di scienze naturali in Rom:

Memorie di matematica e di fisica. Serie III. Vol. 4. Napoli 1882. 8°.

Von der R. Accademia delle scienze in Turin:

Bolletino dell' Osservatorio della regia Università di Torino. Anno 17. (1882.) 1883. 4°.

Vom Observatorio de marina de San Fernando in Cadix:

Anales Seccion II. anno 1882.
Almanaque náutico para 1885. Barcelona 1883. 8°.

Von der Academia Romana in Bukarest:

Observatiuni meteorologice făcute la Jasi 1879—80; Ferestreu 1879—80; Braila 1879—80. 1882. 4°.

Von der geological Society in Glasgow:

Transactions. Vol. VII. 1883. 8°.

Von der Institution of Civil Engineers in London:

Charter, By-laws and List of Members 1883. 8°.

Von der Royal Society in London:

Proceedings Vol. XXV. 1883. 8°.
Philosophical Transactions. 1882. 4°.
Catalogue of the scientific Books in the Library of the Royal Society. 1883. 8°.
List of the Fellows. 30th Nov. 1882. 1882. 4°.

Von der Zoological Society in London:

Proceedings 1883. 1883. 8°.
List of the fellows. 1883. 8°.
List of the vertebrated Animals in the Gardens of the Zoological Society. 8th Edit. 1883. 1883. 8.

Vom Radcliffe Observatory in Oxford:

Results of astronomical Observations in the year 1880. Vol. 38. 1883. 8°.

Vom Meteorological Department of the Government of India in Calcutta:

Meteorological Observations 1883. 1883. Fol.

Von der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Yokohoma:

Mittheilungen. 29. Heft. Juni 1883. 1883. Fol.

Vom Museum of Comparative Zoology in Cambridge, Mass.:

Bulletin. Vol. XI. 1883. 8°.

Von der American Medical Association in Chicago:

Journal. Vol. I. 1883. 4°.

Von der Redaction des American Journal in New-Haven:

The American Journal of Science. Vol. XXV. XXVI. 1883. 8°.

Von der Academy of natural Sciences in Philadelphia:

Proceedings 1882. 1883. 8°.
Proceedings 1883. 1883. 8°.

Von der Alumni Association of the Philadelphia College of Pharmacy in Philadelphia:

19. annual Report 1882—1883. 1883. 8°.

Von der American medical Association in Philadelphia:

The Transactions. Vol. 33. 1882. 8°.

Vom Museum of Geology and Archaeology in Princeton:

New Jersey, U. S. A. Bulletin Nr. 3. 1883. 8°.

Vom Signal Office in Washington:

Annual Report of the Chief Signal Officer for 1880. Part. I. II. 1881. 8°.

Vom U. S. Coast Survey Office in Washington:

U. S. Coast and Geodedic Survey Report for the year 1881. Text u. Tafeln. 1882. 4°.

Vom Surgeon General's Office in Washington:

The medical and Surgical History of the War of the Rebellion. Part III. Vol. II. 1883. 4°.
Index Catalogue of the Library. Vol. IV. 1883. 8°.

Von der Philosophical Society in Washington:

Bulletin. Vol. IV. V. 1881—83. 8°.

Von der Nederlandsch-Indische Regeering in Batavia:

Regenwaarnemingen in Nederlandsch Indië. 4. Jaargang 1882. 1883. 8°.

Von der Academia nacional de ciencias in Córdoba (Repúbl. Argentina):

Informe oficial de la comision científica de la Expedicion al Rio Negro. Entrega I—III. Buenos Aires 1881. 4°.
Boletin de la Academia nacional de ciencias. Tom. V. B. A. 1883. 8°.
Actas de la Academia nacional de ciencias. Tom. IV. B. A. 1882. 4°.

Von Herrn Paul Albrecht in Brüssel:

Sur le crâne remarquable d'une idiote de 21 ans. Brux. 1883. 8°.
Sur les 4 os intermaxillaires de l'homme. Brux. 1883. 8°.
Das os intermedium tarsi der Säugethiere. Leipzig 1883. 8°.
Sur la valeur morphologique de l'articulation mandibulaire du cartilage de Meckel. Brux. 1883. 8°.

Von Herrn F. C. Donders in Utrecht:

Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool 3. Reeks. Deel VIII. 1883. 8°.

Von Herrn Duboué (de Pau) in Paris:

Des effets comparés de divers traitements de la fièvre typhoïde. 1883. 8°.

Von Herrn K. Haushofer in München:

Krystallographische Untersuchungen. Leipzig 1883. 8°.

Von Herrn Edmund Hébert in Paris:

Notions générales de géologie. 1884. 8°.

Von Herrn Hermann Kolbe in Leipzig:

Journal für praktische Chemie. Neue Folge. Bd. 28. 1883. 8°.

Von Herrn Ladislau Netto in Rio de Janeiro:

Aperçu sur la théorie de l'évolution. 1883. 8°.

Von Herrn Francis E. Nipher in Princeton, New-York:

Evolution of the American trotting Horse. 1883. 8°.

Von Herrn E. Plantamour in Genf:

Nivellement de précision de la Suisse, par A. Hirsch et E. Plantamour, Livr. VIII. 1883. 4°.

Von Herrn Gerhard vom Rath in Bonn:

Vorträge und Mittheilungen 1883. 8°.

Von Herrn F. Sandberger in Würzburg:

Neue Beweise für die Abstammung der Erze aus dem Nebengestein. 1883. 8°.

Von Herrn M. G. Tschermak in Wien:

Beitrag zur Classification der Meteoriten. 1883. 8°.

Von Herrn August Weismann in Freiburg i/Br.:

Die Entstehung der Sexualzellen bei den Hydromedusen. Text und Atlas. Jena 1883. Fol.

Von Herrn Rudolf Wolf in Zürich:

Astronomische Mittheilungen LIX. 1883. 8°.

Namen-Register.

Ammon L. v. 400.

Baeyer Ad. 52. 405.
Bauer G. 320.
Bauernfeind C. M. v. 355. 364.
Beetz W. v. 1. 17. 315.
Bezold W. v. 75. 456. (Wahl) 406.
Bischoff Theod. v. (Nekrolog) 217.
Braunmühl v. 247.
Brill A. 51. 82. 247. 423.

Darwin Ch. (Nekrolog) 222.
Decaisne J. (Nekrolog) 242.

Erk Fr. 75.

Friedel Ch. (Wahl) 407.

Gerlach J. v. (Wahl) 407.
Gümbel C. W. v. 55. 111. 372.

Haushofer C. 436.
Hébert Ed. (Wahl) 406.
Heidenhain R. (Wahl) 407.
Hess W. 82.
Hessler Fr. 364.

Jolly Ph. v. 408.

Klaussner F. 51.
Kobell Fr. v. (Nekrolog) 217.

Kohlrausch F. 1. 315.
Kupffer C. 51. 466.

Lommel E. 408.

Marsh Oth. (Wahl) 407.
Matthiesen L. 35.
Meyer V. (Wahl) 407.
Miller A. 17.

Orff C. v. 364.

Perkin H. W. 52.
Pettenkofer M. v. 247. 449.
Pfaff Fr. 55. 372.
Pruner-Bey Fr. (Nekrolog) 244.

Radlkofer L. 256.
Rubner M. 76. 355.
Rüdinger N. (Wahl) 406.

Seeliger H. (Wahl) 406.
Seidel L. Ph. v. 35. 364.

Vogel A. 69.
Voit C. v. 76. 355. 401.

Wöhler Fr. (Nekrolog) 231.

Zittel K. A. 400.

Sach-Register.

Acanthaceen, systematischer Werth ihres Pollens 256.
Analyse, mikroscopische von Mineralien 436.
Asparagin, Bedeutung als Nahrungsstoff 401.
Axencylinder markhaltiger Nervenfasern 466.

Biegung eines unendlich dünnen elastischen Stabes 82.
Bogen, die reduzirte Länge des geodätischen 247.

Chinin, Reaktion auf dasselbe mit Ferrocyankalium 69.
Curve, parabolische 320.

Determinante, Hesse'sche 320.
Drillung eines unendlich dünnen elastischen Stabes 82.

Einsendungen von Druckschriften 344. 476.
Erdmagnetismus, Messung lokaler Variationen seiner Horizontal-Intensität 1.

Geodätisches Dreieck, Theorie desselben 51.
Geodätische Linie, Theorie derselben 51.
Gyps, absolute Härte 372.

Härte, absolute der Mineralien 55. 372.
Höhen, barometrisch bestimmt und deren tägliche Perioden 355.

Kalkspath, absolute Härte 372.
Kette, Bestimmung des absoluten Widerstandes 315.
Kraftlinien, Brechung derselben 456.
Kummer'sche Modelle 35.

Indigo, Constitution desselben 405.

Leuchtgas, Vergiftung mit demselben 247.

Materia medica des Tscharaka 364.
Medusen, fossile im lithographischen Schiefer 400.
Mineralkohle, ihre Texturverhältnisse 111.

Nekrologe 217.

Phosphorescenz 408.
Proteus anguineus, dessen Rückenmark 51.

Refraktion, terrestrische 355.

Säure schweflige, Wirkung auf den Thierkörper 449.
Sekundenpendel, Länge desselben in Bogenhausen 364.
Spektroskop mit phosphorescirendem Okular 408.
Strahlenbündel, Form der unendlich dünnen, astigmatischen 35.
Stromlinien, Brechung derselben 456.

Temperaturtagesmittel, Bestimmung derselben 75.
Temperaturveränderung durch Dilatation und ihr Einfluss auf die Dilatation 17.
Trimethylenbromid, Einwirkung desselben auf Natracetessigester 52.

Vertretungswerthe von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten bei der Ernährung 355.

Wahlen, akademische 406. 407.
Weizenkleie, ihr Werth für die Ernährung des Menschen 76.
Wellenfläche, optische 423.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

7 DAY USE
RETURN TO
ASTRONOMY, MATHEMATICS-
STATISTICS LIBRARY
This publication is due on the LAST DATE
and HOUR stamped below.

Tel. No. 642-3381

RB17-40m-2,'71
(P2002s10)4188-A-32

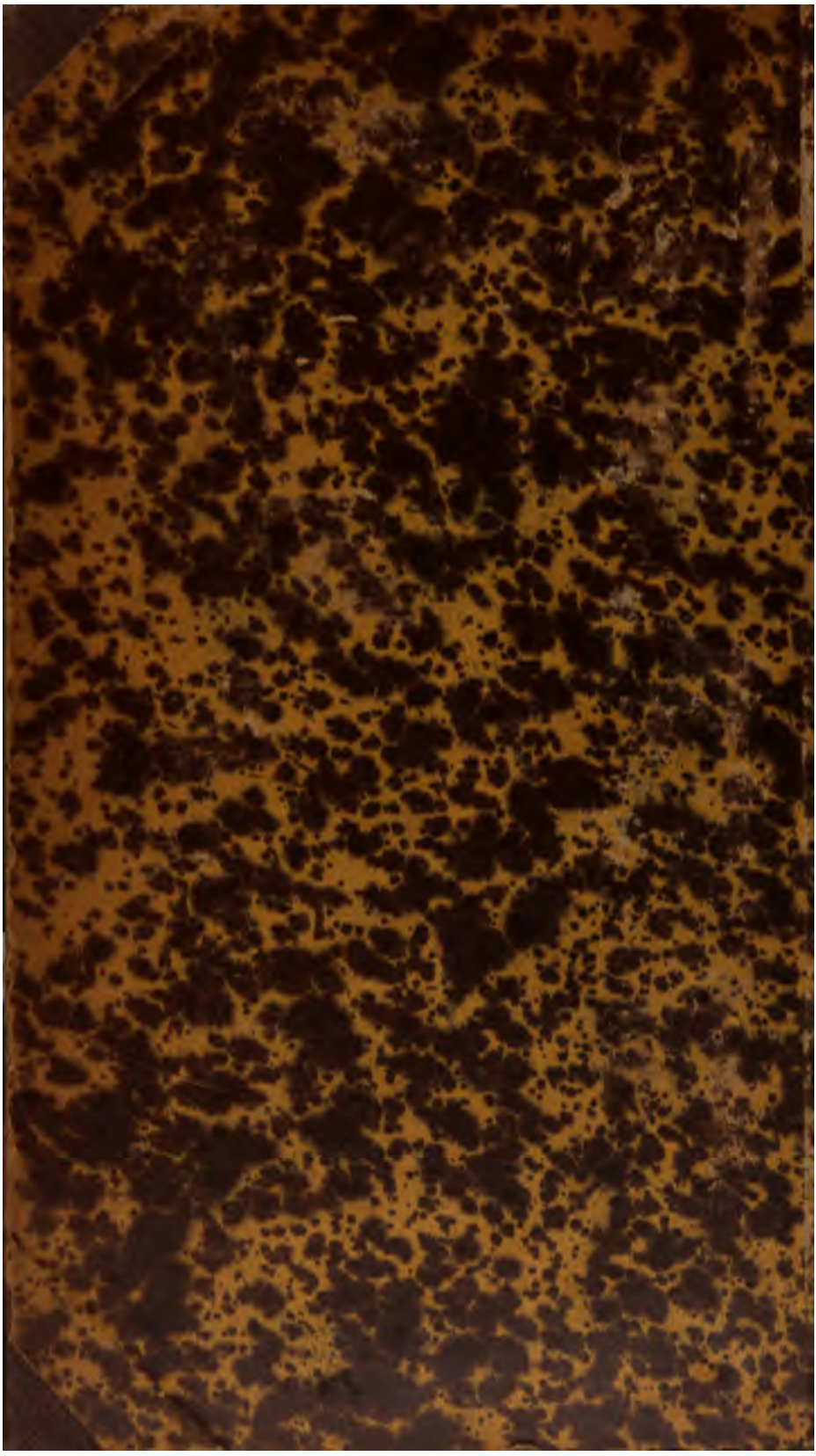
General Library
University of California
Berkeley

MATH. PHYS. LIBRARY

U.C. BERKELEY LIBRARIES

C036240464

AS.182
.A656
1883

-444

10-28-72